

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 2 9 日
Date of Application:

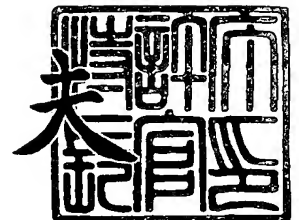
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 0 8 9 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 2 0 8 9 5]

出 願 人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 6 9 4 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J02101

【提出日】 平成15年 1月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/175

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 松下 真規

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 中村 博一

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 上野 直純

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 ▲吉▼村 久

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 後藤 孝史

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 石井 洋

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

インクを貯留するインク収納部と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、

上記インク供給経路に供給されるインク供給量が、1 分間当たり 1. 0 c c 以下となるように設定されていることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2】

インクを貯留するインク収納部と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、

インクの動粘性を ν (m^2/s)、インク供給経路の直径を d (m)、平均インク供給量を Q (m^3/s) とすると、

$$(4 \cdot Q / (\pi \cdot d)) / \nu \leq 2$$

を満足することを特徴とする画像形成装置。

【請求項 3】

上記インク収納部内部に、インクを保持する多孔質のインク収納体を備えると共に、

上記インク供給経路内部にフィルタを備え、

上記印字ヘッドにおけるノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa)、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給口を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa)、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (Pa)、上記フィルタの濾過精度を F (m)、上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m)、上記インクの表面張力を η (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納

部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m^2)、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さを L (m) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' \geq |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$ 、

フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足することを特徴とする請求項 2 記載の画像形成装置。

【請求項 4】

上記インク供給経路内に、撥水性を有するフィルタを備えていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像形成装置。

【請求項 5】

インクを貯留するインク収納部と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、

上記インク供給経路内に、濾過精度の異なる 2 つのフィルタを備え、

上記インク供給経路における下流側のフィルタの濾過精度が上流側のフィルタの濾過精度よりも大きいことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 6】

上記上流側のフィルタの濾過精度を F_1 (m)、下流側のフィルタの濾過精度を F_2 (m) とすると、

$$F_1 < F_2 \leq \sqrt{2} F_1$$

を満足することを特徴とする請求項 5 記載の画像形成装置。

【請求項 7】

上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 (m) は、上記インク供給経路内に生じた気泡が上記上流側のフィルタを通過する際に発生する気泡の直径を D_B (m) とすると、

$$F_1 < F_2 \leq D_B$$

を満足することを特徴とする請求項 5 記載の画像形成装置。

【請求項 8】

上記上流側のフィルタおよび下流側のフィルタの少なくとも一方が、撥水性を有していることを特徴とする請求項 5 記載の画像形成装置。

【請求項 9】

当該画像形成装置に着脱可能に設けられたインクカートリッジを備え、

上記インク収納部は、上記インクカートリッジに設けられていると共に、内部に、インクを保持する多孔質のインク吸収体が収納されたインク収納部を備え、

上記インクの表面張力を η (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、任意の姿勢でとり得る上記インク収納部のインク供給口に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さを h (m)、インクの比重を γ とすると、

$$\eta \cdot N \cdot R \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h$$

(但し、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$)

を満足することを特徴とする請求項 1、2、5 の何れか 1 項に記載の画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インクを貯留するインク収納部を備えた画像形成装置に関するものであり、より詳しくは、画像形成装置としてのインクジェット記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

インクジェット記録装置は、記録用紙としてのシート上にインクを吐出することにより印刷を行う画像形成装置であり、一般的に、インクタンクを備えたイン

クカートリッジを備え、該インクカートリッジから、印字ヘッドにインクを供給することにより、該印字ヘッドから上記シート上にインクを吐出するようになっている。

【0003】

このようなインクジェット記録装置を使用する場合、使用者は、インクカートリッジ内のインクが尽きた時点で該インクカートリッジを交換する必要がある。このため、インクジェット記録装置は、インクカートリッジ内のインク残量を検出して使用者に知らせる必要がある。

【0004】

そのため、インク残量を検出することができる様々なインクカートリッジが提案されている。例えば、特許文献1には、インクタンク中に、インクを吸収するインク吸収体フォーム材を内蔵するとともに、該インクタンクと印字ヘッドとを接続するインク供給経路内にフィルタを備え、該フィルタの下流側、すなわち、インク吐出口側に、上記インク供給経路内のインクの有無を検出する電極を備えているインクカートリッジが開示されている。

【0005】

このようなインクカートリッジを用いたインクジェット記録装置は、インク吐出口側である印字ヘッド側から、上記フィルタを介してインクを吸い出すための負圧をかけることで、インクカートリッジから印字ヘッドにインクを供給する。

【0006】

このようなインクカートリッジを用いたインクジェット記録装置は、上記電極間に流れる電流により、インク供給経路内のインクの有無を検出する。つまり、インクカートリッジ内のインク残量が少なくなると、インク供給経路内にインクが存在しなくなり、上記電極間に電流が流れなくなる。このため、上記電極間に電流が流れなくなった場合を検出してインクエンプティとしている。

【0007】

しかしながら、上記したようにインク吐出口側である印字ヘッド側からフィルタを介してインクを吸い出すための負圧をかける場合、印字ヘッド側から空気を吸い込むと、印刷品位に影響を与える可能性がある。

【0008】

このため、印字ヘッド側からの空気の混入防止策が種々提案されている。例えば特許文献2では、インク供給室内の気泡に作用する浮力をインクの流速による抗力よりも大きくなるように設定することにより、インク供給室内で気泡が成長することを防止している。

【0009】

また、特許文献3は、インク供給経路内に、上流側から順に、インク漏れを防ぐ第1のフィルタと、第1のフィルタよりも網目の細かい、異物を除去するための第2のフィルタとを設けることを開示している。

【0010】**【特許文献1】**

特開平3-288654号公報（公開日：1991年12月18日）

【0011】**【特許文献2】**

特開2002-36557号公報（公開日：2002年2月5日）

【0012】**【特許文献3】**

特開2002-67353号公報（公開日：2002年3月5日）

【0013】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、気泡は大きいほど潰れやすいことから、気泡を成長させない上記特許文献2に記載の技術では、潰れずに残った気泡がインク供給室内に混入するおそれがある。

【0014】

さらに、上記特許文献2に記載の技術は、気泡が、インクエンプティの検出に影響を与えるという問題点を有している。

【0015】

また、上記特許文献3に記載の技術は、第1のフィルタよりも網目の細かい第2のフィルタにより、細かな気泡が発生し、インクエンプティ検出の精度が劣化

する場合があるという問題点を有している。

【0016】

本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを貯留するインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路に供給されるインク供給量が、1分間当たり1.0cc以下に設定されていることを特徴としている。

【0018】

本願発明者らの検討によれば、上記インク供給量が1分間当たり1.0cc以下に設定されていることで、インク供給時に上記インク供給経路内に気泡が発生しても上記検出電極のS/N比が低下しないことが確認された。したがって、上記の構成によれば、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0019】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを貯留するインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、インクの動粘性を ν (m^2/s)、インク供給経路の直径を d (m)、平均インク供給量を Q (m^3/s) とすると、

$$(4 \cdot Q / (\pi \cdot d)) / \nu \leq 2$$

を満足することを特徴としている。

【0020】

上記の構成によれば、上記インク供給経路に供給されるインク供給量を、1分間当たり1.0cc以下とすることができるので、インク供給時に上記インク供給経路内に気泡が発生しても上記検出電極のS/N比の低下を防止することができる。したがって、上記の構成によれば、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0021】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記インク収納部内部に、インクを保持する多孔質のインク収納体（例えばフォーム材）を備え、と共に、上記インク供給経路内部にフィルタ（例えば上記インク収納部側のインク供給経路端部に設けられたフィルタ）を備え、上記印字ヘッドにおけるノズル（インク吐出ノズル）のインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (P_a)、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給口を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (P_a)、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (P_a)、上記フィルタの濾過精度を F (m)、上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m)、上記インクの表面張力を η (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m²)、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さを L (m) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' \geq |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$ 、

フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足することを特徴としている。

【0022】

上記の構成によれば、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時にフィルタでリークする圧力を、上記印字ヘッドのノズルの臨界圧を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路に向かう異物を効果的に濾過することができ、上記ノズルによる吐出動作の信頼性を高めることができる。

【0023】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記インク供給経路内に、撥水性を有するフィルタを備えていることを特徴としている。

【0024】

本願発明者らは、インク供給量が同じ場合でも、撥水性を有するフィルタを用いると、フィルタに撥水性を持たせていないときと比較して上記検出電極のS/N比が向上することを確認した。したがって、上記の構成によれば、インクの供給によりインクエンプティ検出精度が低下することを、より効果的に防止することができる。

【0025】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、インクを貯留するインク収納部（例えばインクカートリッジに設けられたインクタンク）と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内に、濾過精度の異なる2つのフィルタを備え、上記インク供給経路における下流側のフィルタの濾過精度が上流側のフィルタの濾過精度よりも大きいことを特徴としている。

【0026】

本願発明者らの検討によれば、上記下流側のフィルタの濾過精度が上流側のフィルタの濾過精度よりも大きくなるように設定されていることで、インク供給時に上記インク供給経路内に気泡が発生した場合に上記検出電極のS/N比が低下することを防止することができることが確認された。

【0027】

また上記下流側のフィルタの濾過精度が上記上流側のフィルタの濾過精度より

も小さくなればなるほど、上記上流側のフィルタにより作られた気泡が上記下流側のフィルタによりトラップされた後、該下流側のフィルタによって作られる気泡の直径も小さくなる。気泡は大きいほど潰れやすく、気泡の直径が小さくなるほどインク検出電極の S/N 比が減少し、インクエンプティ検出精度が劣化する。

【0028】

したがって、上記の構成によれば、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0029】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記上流側のフィルタの濾過精度を F_1 (m)、下流側のフィルタの濾過精度を F_2 (m) とすると、

$$F_1 < F_2 \leq \sqrt{2} F_1$$

を満足することを特徴としている。

【0030】

上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を上記上流側のフィルタの濾過精度 F_1 よりも大きくすると、そうでない場合と比較して上記下流側のフィルタによって作られる気泡の直径を大きくすることができる。しかしながら、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 が気泡の直径よりも大きくなると、インクが上記上流側のフィルタを通過することにより発生した気泡が、上記下流側のフィルタにトラップされず通り抜けてしまい、検出電極の S/N 比が低下してしまう場合があり、この傾向は、上記 F_2 が F_1 の $\sqrt{2}$ 倍より大きい場合に顕著となる。したがって、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を上記上流側のフィルタの濾過精度 F_1 の 2 倍よりも小さくすることで、検出電極の S/N 比の低下をより効果的に防止することができ、インクエンプティ検出精度の低下をより効果的に防止することができる。

【0031】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 (m) は、上記インク供給経路内に生じた気泡が上記上流

側のフィルタを通過する際に発生する気泡の直径を D_B (m) とすると、

$$F_1 < F_2 \leq D_B$$

を満足することを特徴としている。

【0032】

上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を上記上流側のフィルタの濾過精度 F_1 よりも大きくすると、そうでない場合と比較して上記下流側のフィルタによって作られる気泡の直径を大きくすることができる。しかしながら、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 が気泡の直径 D_B よりも大きくなると、インクが上記上流側のフィルタを通過することにより発生した気泡が、上記下流側のフィルタにトラップされず通り抜けてしまい、検出電極の S/N 比が低下してしまう場合がある。したがって、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を気泡の直径 D_B 以下とすることで、上記上流側のフィルタを通過することにより発生した気泡を、上記下流側のフィルタで確実にトラップすることができる。したがって、上記の構成によれば、検出電極の S/N 比の低下をより効果的に防止することができ、インクエンプティ検出精度の低下をより効果的に防止することができる。

【0033】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、上記上流側のフィルタおよび下流側のフィルタの少なくとも一方が、撥水性を有していることを特徴としている。

【0034】

本願発明者らの検討によれば、インク供給量が同じ場合でも、撥水性を有するフィルタを用いると、フィルタに撥水性を持たせていないときと比較して上記検出電極の S/N 比が向上することが確認できた。したがって、上記上流側のフィルタおよび下流側のフィルタの少なくとも一方が撥水性を有していることで、インクの供給によりインクエンプティ検出精度が低下することを、より効果的に防止することができる。

【0035】

本発明にかかる画像形成装置は、上記課題を解決するために、当該画像形成装置に着脱可能に設けられたインクカートリッジを備え、上記インク収納部は、上

記インクカートリッジに設けられていると共に、内部に、インクを保持する多孔質のインク吸収体が収納されたインク収納部を備え、上記インクの表面張力を η (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/ m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、任意の姿勢でとり得る上記インク収納部のインク供給口に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さを h (m)、インクの比重を γ とすると、

$$\eta \cdot N \cdot R \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h$$

(但し、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$)

を満足することを特徴としている。

【0036】

$\eta \cdot N \cdot R \cdot B$ が $2 \cdot \gamma \cdot h$ よりも大きければ、インクの表面張力 η の違いも考慮して任意の姿勢で生じるインクの最大水頭圧力以上の保持力が得られる。よって、インクカートリッジの着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が発生することをより確実に防ぐことができる。また、インクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧を、印字ヘッドにおける、インクを吐出するノズル先端でのインクメニスカスにより生じるインクの吸引圧力未満とすることができ、インク供給系に発生する負圧にて、インクが供給不足になり、ノズル先端よりインク液面が後退しすぎて空気を吸入してしまい、インク吐出動作不良となることを防止することができる。

【0037】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1ないし図25に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0038】

本実施の形態における画像形成装置としてのインクジェット記録装置は、図2に示すように、給紙部、分離部、搬送部、印刷部及び排出部から構成される。

【0039】

給紙部は、印刷を行う際に記録用紙であるシート201を供給するものであり

、給紙トレイ 101 及びピックアップローラ 102 よりなる。印刷を行わない際には、シート 201 を保管する機能を果たす。

【0040】

分離部は、給紙部より供給されるシート 201 を、印刷部へ一枚ずつ供給するためのものであり、図示しない給紙ローラ及び分離装置よりなる。分離装置では、シート 201 との接触部分であるパッド部分とシート 201 との摩擦が、シート 201・201 間の摩擦より大きくなるように設定されている。また、給紙ローラでは、給紙ローラとシート 201 との摩擦が、パッドとシート 201 との摩擦や、シート 201・201 間の摩擦よりも大きくなるように設定されている。そのため、2 枚のシート 201 が分離部まで送られてきたとしても、給紙ローラによって、これらのシート 201・201 を分離し、上側のシート 201 のみを搬送部に送ることができる。

【0041】

搬送部は、分離部より一枚ずつ供給されるシート 201 を、印刷部へと搬送するためのものであり、図示しないガイド板、及び搬送押えローラ 111・搬送ローラ 112 等のローラ対よりなる。ローラ対は、シート 201 を印字ヘッド 1 とプラテン 113 との間に送り込む際に、印字ヘッド 1 からのインクがシート 201 の適切な位置に吹き付けられるように、シート 201 の搬送を調整する部材である。

【0042】

印刷部は、搬送部のローラ対より供給されるシート 201 へ印刷を行うためのものであり、印字ヘッド 1、この印字ヘッド 1 を搭載したキャリッジ 2、キャリッジ 2 を案内するための部材であるガイドシャフト（キャリッジ保持シャフト）121、印字ヘッド 1 にインクを供給するインクカートリッジ 20、及び印刷時にシート 201 の台となるプラテン 113、インク供給チューブ 4 からなるインク供給経路 3 より構成される。インク供給チューブ 4 からなるインク供給経路 3 は、上記印字ヘッド 1 とインクカートリッジ 20 とを接続し、インク流路として、インクカートリッジ 20 から印字ヘッド 1 にインクを供給する。このうち、印字ヘッド 1、インク供給チューブ 4 からなるインク供給経路 3、及びインクカー

トリッジ 20 は、後述するインク供給装置 10 を構成する。

【0043】

排出部は、印刷が行われたシート 201 をインクジェット記録装置の外へ排出するためのものであり、排出ローラ 131・132 及び排出トレイ 134 よりなる。

【0044】

上記構成を備えたインクジェット記録装置は、次のような動作によって印刷を行う。

【0045】

まず、図示しないコンピュータ等から、画像情報に基づく印刷要求が、インクジェット記録装置に対してなされる。印刷要求を受信したインクジェット記録装置は、給紙トレイ 101 上のシート 201 を、ピックアップローラ 102 によって給紙部より搬出する。

【0046】

次に、搬出されたシート 201 は、給紙ローラによって分離部を通過し、搬送部へと送られる。搬送部では、搬送押えローラ 111・搬送ローラ 112 のローラ対によって、シート 201 を印字ヘッド 1 とプラテン 113 との間へと送る。

【0047】

そして、印刷部では、印字ヘッド 1 におけるインクノズル部である吐出ノズル（インク吐出ノズル）1a（図 21 参照）よりプラテン 113 上のシート 201 へ、画像情報に対応してインクが吹き付けられる。この時、シート 201 はプラテン 113 上で一旦停止されている。インクを吹き付けつつ、キャリッジ 2 は、ガイドシャフト 121 に案内されて、主走査方向に渡って一ライン分走査される。

【0048】

それが終了すると、シート 201 は、プラテン 113 上で副走査方向に一定の幅だけ移動させられる。印刷部において、上記処理が画像情報に対応し継続して実施されることにより、シート 201 全面に印刷がなされる。

【0049】

印刷が行われたシート 201 は、インク乾燥部を経て、排出ローラ 131・132 によって用紙排出口 133 を通して排出トレイ 134 に排出される。その後、シート 201 は印刷物として使用者に提供される。

【0050】

ここで、上記のインクジェット記録装置のインク供給装置 10 について、図 3～図 5 に基づいて詳細に説明する。

【0051】

図 3 に示すように、インク供給装置 10 は、前述したように、印字ヘッド 1、インク供給経路 3 及びインクカートリッジ 20 を備えている。

【0052】

図 4 (a)・(b) に示すように、通常、インクカートリッジ 20 にはインクを貯留する空間部を有するインク収納部としてのインクタンク 21 が備えられている。本実施の形態のインクカートリッジ 20 では、このインクタンク 21 の内部（空間部）に、例えば、ポリウレタン樹脂製の多孔質保持体であるインク吸収体 22 が備えられている。

【0053】

そして、インクタンク 21 の、例えば底面には、印字ヘッド 1 にインクを供給するためのインク供給チューブ 4 からなるインク供給経路 3 が設けられている。

【0054】

該インク供給経路 3 内、具体的には、上記インクタンク 21 側のインク供給経路 3 内の一部、好適には端部には、フィルタ 23 が設けられ、上記インク供給チューブ 4 は、フィルタ 23 形成側の、インク供給経路 3 端部（インク供給口 3a）、すなわち、該インク供給チューブ 4 端部が、上記インクタンク 21 の、例えば底面に設けられたインク供給口 24 に挿し込まれるように上記インクタンク 21 と接続されている。これにより、上記フィルタ 23 形成側のインク供給チューブ 4 端部、すなわち、該インク供給チューブ 4 における上記フィルタ 23 が形成されたインク供給経路 3 端部（インク供給口 3a）は、インクタンク 21 内に位置している。

【0055】

また、図4 (a) ~ (c) に示すように、上記インクタンク21外のインク供給チューブ4には、該インク供給チューブ4を挟持するように、インク残量検出電極（検出器）としての一对の検出電極（電極部）25・25が設けられている。つまり、上記インクタンク21外のインク供給経路3には、このインク供給経路3を挟持するように一对の検出電極25・25が設けられている。

【0056】

上記インク供給装置10は、印字ヘッド1側から、上記フィルタ23を介してインクを吸い出すための負圧をかけることで、上記インクタンク21内に貯留されているインクを印字ヘッド1に供給する。

【0057】

上記印字ヘッド1は、例えば、全チャンネル連続駆動時に1分間当たり最大0.49cc ($0.49 \times 10^{-6} \text{m}^3$) のインクを吐出し、吐出にともなって、同量のインクをインクタンク21より吸引するようになっており、そのときのインク供給経路3にかかる圧力は、図3に示すように圧力ゲージ26にて測定できるようになっている。また、印字ヘッド1とインクカートリッジ20との配置は、例えば、印字ヘッド1の水頭 (P_h ; ヘッド水頭圧) が50mm、インクタンク21の水頭 (P_i ; タンク水頭圧) が30mmとなるように配置されている。なお、ここで、ヘッド水頭圧 P_h は、印字ヘッド1の吐出ノズル1a-インク供給口24間の水頭圧を示す。また、タンク水頭圧 P_i は、上記インクタンク21にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給口24を介して上記印字ヘッド1に供給しようとするときに生じるインクタンク21の水頭圧を示す。

【0058】

なお、本実施の形態にかかるインク供給装置10においては、上記インク供給経路3に供給されるインク供給量が、1分間当たり1.0cc以下（つまり、 $1.0 \times 10^{-6} \text{m}^3$ 以下）となるように設定されている。

【0059】

上記のフィルタ23は、図5に示すように、帯状の、例えばステンレス材を横糸および縦糸として用いて網状に編み込むようにして作成されている。また、上

記の方法に限らず、例えば、エッチングにより、開口部を形成させた板状部材をフィルタ 23 としてもよい。

【0060】

そして、このインクカートリッジ 20 では、図 4 (a) ~ (c) に示すように、フィルタ 23 を介して、インク供給経路 3 に混入してきた空気によって、上記の検出電極 25・25 間のインクが押し出されたとき、すなわち、検出電極 25・25 間にインクがなくなったとき、その検出電極 25・25 極間には電流が流れないようになることを利用して、インクの残量、つまりインクのなくなり（インクエンプティ）を検出するようになっている。

【0061】

以下に、インク残量を検出する過程における、インク供給経路 3 にかかる負圧と時間経緯との関係を、図 6 ~ 8 に基づいて詳細に説明する。図 6 及び図 7 は、上記インクカートリッジ 20 にインクを満たした状態からインクを継続して吐出したときの経過時間とインク供給経路 3 にかかる負圧との関係を示すグラフであり、図 7 は、図 6 に示す関係を模式的に示すグラフである。

【0062】

まず、上記印字ヘッド 1 を駆動、すなわちインクタンク 21 内のインクを消費するためにインク供給経路 3 に負圧をかけていくと、図 6 及び図 7 に示すように、インクの使用量の増加に伴って、インク供給経路 3 にかかる負圧も徐々に上昇していく。

【0063】

ところが、インク残量が少なくなると、インク供給経路 3 にかかる負圧は、ある時点で急激に上昇し、最大値に達した後、低下する。これは、インク供給経路 3 に大きな吸引力がかかることによりフィルタ 23 の開口部 23a（図 5 参照）に形成されていたインクのメニスカスが破れ、空気が吸入されて上記負圧の低下が起きたことを示している。

【0064】

すなわちインク残量が減少するとともにインク吸収体 22 のセル 22a（開口部、図 13 等参照）に吸収されていたインクのメニスカスが後退し、インクの表

面張力によりインク供給経路 3 にかかる負圧が徐々に増加する。そして、インク供給経路 3 にかかる負圧が、インク吸収体 22 のセル 22 a の臨界圧、つまり、インクエンpty時におけるインク吸収体 22 による臨界圧力 P_E を超えると、インクのメニスカスはフィルタ 23 に到達し、フィルタ 23 の開口部 23 a が、インク供給経路 3 にかかる負圧を支配するようになる。そして、インクのさらなる消費に伴って、インク吸収体 22 と同様に、フィルタ 23 の開口部 23 a におけるインクのメニスカスが後退し、インクの表面張力により、インク供給経路 3 にかかる負圧が増加し、開口部 23 a の開口径による臨界圧力（フィルタ圧）、すなわち、フィルタ 23 による臨界圧力（最大負圧） P_m まで急激に上昇する。その後、上記印字ヘッド 1 からの吸引圧が上記フィルタ 23 による臨界圧力 P_m を越えると、フィルタ 23 の開口部 23 a に形成されていたインクメニスカスの表面が破れ、インク供給経路 3 に空気が吸入される。これにより、インク供給経路 3 にかかる負圧が低下する。

【0065】

なお、インク供給経路 3 にかかる負圧の測定には、図 8 に示すように、インク残量を検出する過程におけるフィルタ 23 と同条件となるように、インクを浸潤させた網目状のフィルタ（メッシュフィルタ）31 を、該フィルタ 31 が蓋になるように接着したシリンダ 32 に、インク供給チューブ 4 を接続してなる測定装置を使用した。

【0066】

そして、上記シリンダ 32 に接続したインク供給チューブ 4 を介して、図示しないポンプを用いて、フィルタ 31 に浸潤させたインクを、インクの粘性抵抗による影響を除外するために、インク供給チューブ 4 からなるインク供給経路 3 内を流れるインクの流量（インク供給量）が 1 分間当たり 0.05 cc（つまり $0.05 \times 10^{-6} \text{m}^3$ ）となるように吸引し、このときにフィルタ 31 にかかる負圧を圧力ゲージ 26 で測定することにより、インク供給チューブ 4 からなるインク供給経路 3 にかかる負圧を測定した。

【0067】

また、この測定装置を用いた負圧の測定を、フィルタ 23 の開口部 23 a（網

目)の大きさ(濾過精度F)、つまり、フィルタ31の開口部の大きさを変えて行ってみたところ、図9に示すように、濾過精度Fが小さいほど、インク供給経路3にかかる負圧、すなわち、フィルタ23(上記測定においてはフィルタ31)にかかる負圧が高くなっている傾向がみられた。

【0068】

そこで、次に、この傾向について、フィルタ23(メッシュフィルタ)によるインク負圧の臨界圧力(最大負圧)P_mと、フィルタ23の濾過精度Fとの関係をグラフ(図10)にすることにより検証した。

【0069】

ここで、濾過精度Fは、フィルタ23(メッシュフィルタ)の開口部23aの最短長さ(最小空隙幅)であると解釈できる。

【0070】

表面張力 η (N/m)の液体でインクメニスカスを形成する直径d(m)の円形状の開口部における臨界圧力(表面張力による臨界圧力)P_c(Pa)は、下記一般式(1)

$$P_c = 4\eta / d \quad \dots (1)$$

で広く知られている。

【0071】

なお、本実施の形態において、一般式並びに実験式、関係式等の各式において、同じ記号は同じ物性を示すものとする。また、各式における計算値の算出単位についても、同じ記号は、同じ単位を示すものとする。

【0072】

そこで、上記一般式(1)の直径d(m)にフィルタ23の濾過精度F(m)を代入することにより、臨界圧力P_c(Pa)としてフィルタ23による臨界圧力P_m(Pa)を求めたところ、実測値に対して一般式(1)により得られる計算値が $\sqrt{2}$ 倍となり、フィルタ23の濾過精度Fをそのまま代入すると、計算値と実測値との間に大きな齟齬が生じることが判明した。

【0073】

これは、図5に示すように横糸と縦糸とで構成されるフィルタ23の開口形状

は円形ではなく、濾過精度 F は、フィルタ 23 の開口部 23 a の最小空隙幅に依存するのに対して、フィルタ 23 による臨界圧力 P_m は、フィルタ 23 の開口部 23 a の最大空隙幅に依存するためであると考察される。

【0074】

そこで、この考察に基づけば、フィルタ 23 による臨界圧力 P_m (P_a) は、インクの表面張力 η (N/m) と、濾過精度 F (m) とを用いて、該濾過精度 F を $\sqrt{2}$ 倍に補正して、下記実験式 (2)

$$P_m = 4 \eta / (\sqrt{2} \cdot F) \quad \dots (2)$$

として表される。

【0075】

そこで、縦軸を、フィルタ 23 による臨界圧力 P_m 、すなわち、インク供給経路 3 にかかる負圧とし、横軸を、フィルタ 23 の濾過精度 F として、図 9 に示す実測値並びに上記実験式 (2) による計算値を用いて、フィルタ 23 による臨界圧力 P_m と濾過精度 F との関係をグラフにすると、図 10 に示す結果が得られる。なお、図 10 において、「 Δ 」は図 9 に示す実測値を示し、実線は上記実験式 (2) による計算値を示す。

【0076】

図 10 に示す結果から、実測値と実験式 (2) による計算値とはほぼ合致し、前記した傾向は正しいことが判った。すなわち、図 9 および図 10 に示す結果から、フィルタ 23 による臨界圧力 P_m は、フィルタ 23 の開口部 23 a の大きさに依存することが判った。

【0077】

このため、本実施の形態では、図 7 に示すように、インク供給経路 3 にかかる負圧がフィルタ 23 による臨界圧力 P_m となり、フィルタ 23 の開口部に形成されているインクのメニスカス (インク液面) が破れて検出電極 25・25 からなる電極部に空気が到達し、該検出電極 25・25 による検出抵抗値が所定の値以上となったときを、インクタンク 21 が実質的に空、つまり、インク残量のエンプティとし、インクのメニスカスが破れる臨界圧力である上記フィルタ 23 による臨界圧力 P_m が所定の値を越えないように制御している。

【 0 0 7 8 】

本実施の形態では、インク残量のエンプティ時にインク供給経路 3 にかかる負圧について種々の実験を行った結果、インク供給系の負圧（インク吸収体 2 2 もしくはフィルタ 2 3 の臨界圧力）を 2 . 0 k P a 以下とした。

【 0 0 7 9 】

これは、例えばインクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧（インク吸収体 2 2 もしくはフィルタ 2 3 の臨界圧力）が 2 . 0 k P a 以下でなければ、インク供給系に発生する負圧によりフィルタ 2 3 の開口部に形成されているインクのメニスカスが破れて空気が電極部に到達してエンプティと判断する前に、図 2 1 および図 2 2 に示すように、印字ヘッド 1 の吐出ノズル 1 a の先端部（ノズル先端）よりインクのメニスカス（インク液面）が後退しすぎて該ノズル先端より空気を吸入してしまうという問題が生じ、インク滴を正常かつ安定して吐出（供給）することができなくなるためである。

【 0 0 8 0 】

次に、インクカートリッジ 2 0 におけるインク吸収体 2 2 の最適化のための設計指針について、以下に説明する。

【 0 0 8 1 】

図 4（a）～（c）に示すように、インクカートリッジ 2 0 は、インク吸収体 2 2 としてのフォーム材が収納されたインクタンク 2 1 を備えるインクカートリッジ 2 0 を備えている。このフォーム材の多孔質体にはインクが含浸されており、このフォーム材がインクタンク 2 1 内に圧縮して収容されている。

【 0 0 8 2 】

多孔質内に保持されているインクは、インクカートリッジ 2 0 に備えられたインク供給口 2 4 である吐出ノズル 1 a（図 2 1 参照）を通して毛管力によって、インクカートリッジ 2 0 内から印字ヘッド 1 側へ排出される。

【 0 0 8 3 】

しかしながら、インクタンク 2 1 における多孔質保持体に保持されているインクの保持力によっては、連続排出時にインク供給不足が発生したり、インクカートリッジ 2 0 着脱時にインク漏れを起こす等の不具合が発生する。

【0084】

この問題を解消するためには、インクの特性に応じたインク吸収体22の設計指針が必要となる。そこで、本実施の形態では、インク並びにインクカートリッジ20として、以下に示すインク並びにインクカートリッジを使用して実験を行い、該インクカートリッジ20における安定負圧Pを測定し、設計指針の検討を行った。この実験の結果を表1に示す。なお、該実験に用いたインク並びにインクカートリッジ20の諸条件は以下の通りである。

【0085】

- ・インクの表面張力 $\eta = 0.03$ (N/m) (= 30 dy n / c m)
- ・インクの粘度 $\mu = 0.07$ (P a · s) (= 7 c p)
- ・インク組成：H₂O、顔料、ポリエチレングリコール
- ・インク吸収体22（フォーム材）のセル密度 $N = 1.57 \times 10^3$ (個/m)
(= 40 個/inch)
- ・インク吸収体22（フォーム材）の材質：ポリウレタン
- ・インクカートリッジ20内寸（幅W×奥行V×高さL）
 $W \times V \times L = 0.015 \times 0.074 \times 0.030$ (m)

なお、インクカートリッジ20（インクタンク21）に収納した時のインク吸収体22の外寸は、上記インクカートリッジ20内寸に等しい。

【0086】

また、表1における評価項目は下記の通りである。

【0087】

- ・圧縮率R：インクカートリッジ20に圧縮されて収納された時のインクカートリッジ20に収納される前に対するインク吸収体22（フォーム材）の体積比率
- ・セル密度N（個/m）：インクカートリッジ20に収納する前のインク吸収体22（フォーム材）のセル密度
- ・圧縮時のインク吸収体22（フォーム材）の実装セル密度M（個/m）：インクカートリッジ20に圧縮されて収納されている時のインク吸収体22（フォーム材）の実装セル密度

・流量 Q (m^3/s) : インクの流量

・効率 (%) : インクカートリッジ 20 からの総流出量 (実際に使用可能なインク体積) \div インク充填量 (充填インク体積)

・インク上限時安定負圧 P_u (Pa) : インクカートリッジ 20 内のインクが上限まで充填されている時、すなわち満載の状態で所定のインク流量とした時に測定されたインクカートリッジ 20 における安定負圧の実測値

・インク下限時安定負圧 P_L (Pa) : インクカートリッジ 20 内のインクが下限までしか充填されていない時、すなわち該インクカートリッジ 20 内のインクが無くなる直前に所定のインク流量とした時に測定されたインクカートリッジ 20 における安定負圧の実測値

【0088】

【表 1】

圧縮率 R	実装セル密度 M (N×R)	実測流量 Q (nm ³ /s)	効率 η (%)	安定負圧実測値		始点の比率			終点の比率		
				上限Pu (kPa)	下限PL (kPa)	Rs	R2	Rs/R2	Re	R1	Re/R1
2	3,150	8.17	77	0.07	0.46	0.11	0.13	0.85	0.46	0.36	1.28
5	7,874	8.17	60	0.62	0.86	1.00	0.83	1.21	0.87	0.91	0.96
5.5	8,661	8.17	60	0.62	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	9,449	8.17	61	0.73	1.16	1.18	1.19	0.99	1.17	1.09	1.07
7	11,024	8.17	60	0.91	1.29	1.47	1.62	0.91	1.30	1.27	1.02
8	12,598	8.17	51	1.30	1.50	2.10	2.12	0.99	1.52	1.45	1.04

【0089】

なお、本実施の形態では、フィルタ 23 の異物除去能力の点から、インクエン
プティ時におけるインク吸収体 22 による臨界圧力 P_E (以下、インク吸収体の
臨界圧力と記す場合がある) 及びフィルタ 23 による臨界圧力 P_m (以下、フイ
ルタの臨界圧力と記す場合がある) が、 $P_m > P_E$ を満たすように設定されてい
る。そして、本実施の形態では、図 7 に示すように上記臨界圧力 P_E 、 P_m 、並
びに、インク供給経路 3 の圧力損失 P_μ 、タンク水頭圧 P_i が、 $P_m > P_E > P_\mu + P_i$ を満たすように設定されている。但し、本実施の形態はこれに限定され
るものではなく、インク供給系の設定の仕方によっては、上記大小関係が逆転す
る場合、もしくはフィルタ 23 を用いない場合がある。

【0090】

また、後で詳細説明するが、発生負圧の実測値を流体力学理論に基づき詳細検
討した結果、インク上限時安定負圧 P_u は、インクの粘性抵抗による、流路すな
わちインク供給経路 3 の圧力損失 P_μ に起因し、またインク下限時安定負圧 P_L
は、インクの表面張力 η に基づくものであることが判明した。

【0091】

なお、上記測定においては、インクの保持力は、インクカートリッジ 20 の高
さ、インク吸収体 22 (フォーム材) のセル 22 a のばらつき、及びインクカー
トリッジ 20 にかかる振動を考慮して定める必要がある。これは、保持力が足り
ないと、特にインク上限時にインクカートリッジ 20 の着脱時にインクが不用意
に漏れるといった問題が生じるためである。

【0092】

例えば、インクカートリッジ 20 の高さが 34 mm であれば、安全率を 2 とす
ると、インクの比重 γ は約 1.0 であるため、保持力は、水頭で 68 ($= 34 \times 2$) mm、つまり 0.67 kPa 必要である。また、一般的に広く用いられてい
るインクカートリッジの高さは概ね 40 mm 以下であり、このことから、0.8
kPa のインクの水頭圧に耐えることが必要とされる。

【0093】

インクの保持力は表面張力 η に基づく毛管圧力であり、圧縮時のセル径を、直
径 d (m) の円形状の開口部とみなすと、圧縮時のインク吸収体 22 (フォーム

材)の実装セル密度 M ($M=N \cdot R$; 但し、厳密には $M \doteq N \cdot R$) (個/m) より、圧縮時のセル径 d (m) は、以下の関係式 (3)

$$d = 1 / (N \cdot R) \quad \dots (3)$$

で表されることから、その臨界圧力 P_E と、セル密度 N (個/m) 及び圧縮率 (R) との関係は、インクの表面張力を η (N/m) とすると、前記一般式 (1) 及び上記関係式 (3) から、下記関係式 (4)

$$P_E = 4 \cdot \eta \cdot (N \cdot R) \quad \dots (4)$$

で表される。したがって、インク下限時安定負圧 P_L は、実装セル密度 M ($M=N \cdot R$) が 7.87×10^3 (個/m) 以上 (すなわち、200 個/inch 以上) であれば、水頭で 0.86 kPa、89 mm 以上の保持力が得られるので、インクカートリッジ 20 の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐことができる。

【0094】

また、インクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧 (インク吸収体 22 もしくはフィルタ 23 の臨界圧力) は、安全率を考慮すると、2.0 kPa 以下でなければ、インク供給系に発生する負圧にて、インクが供給不足になり、吐出ノズル 1a の先端部 (ノズル先端) よりインク液面が後退しすぎて空気を吸入してしまうという問題が生じ、インクの安定供給ができなくなる。

【0095】

そこで、実装セル密度 M が 12.6×10^3 (個/m) 以下 (すなわち、320 個/inch 以下) であれば、インク供給系の負圧は 1.5 kPa 以下となり、インクを連続吐出するときにも、マージンを持ってインクの安定供給が可能になる。

【0096】

また、インクカートリッジ 20 内面のインク収納体積 (充填インク体積) に対して実際に使用 (吐出) 可能となるインク容積の比を効率 τ (タンク効率) とすると、図 11 に示すように、効率 τ (%) は、 R の値、言い換えれば $N \cdot R$ の値が増加するのに伴って低下し、図 12 に示すように、実装セル密度 M ($M=N \cdot R$) が 12.6×10^3 (個/m) (すなわち 320 個/inch) になると大きく

低下し始める。したがって、インクカートリッジ 20 の体積を効率よく活用する条件としては、実装セル密度 M ($M=N \cdot R$) が 12.6×10^3 (個/m) 以下となる。

【0097】

よって、上記インクカートリッジ 20 を、実装セル密度 M (個/m) ($M=N \cdot R$) が、 $7.87 \times 10^3 \leq M \leq 12.6 \times 10^3$ を満足するように設計することで、インクカートリッジ 20 の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐことができると共に、インクを連続吐出するときにも、マージンを持ってインクの安定供給が可能になり、かつ、インクカートリッジ 20 の体積を効率よく活用することができる。さらに、上記の構成によれば 7.87×10^3 以上でも 12.6×10^3 以下であればよいので、インク吸収体 22 の設計における選択の幅を広げることができる。

【0098】

なお、これらは理論値であるが、実測値においても、これを満たしていることが、確認された。すなわち、前記表 1 において、実装セル密度 $M=N \cdot R$ が 7.87×10^3 (個/m) のとき、実測安定負圧であるインク下限時安定負圧 P_L が 0.86 kPa 以上となっているとともに、実装セル密度 M ($M=N \cdot R$) が 12.6×10^3 (個/m) 以下であれば、インク供給系の負圧は 1.5 kPa 以下となっており、インクを連続吐出するときにも、マージンを持ってインクの安定供給が可能になる。なお、この実測安定負圧であるインク下限時安定負圧 P_L は、インクのメニスカスがいかなる負圧に耐え得るかを示している。

【0099】

次に、インク下限時安定負圧 P_L 及びインク上限時安定負圧 P_u に対して考察を加える。なお、インク上限時安定負圧 P_u とは、インクが流れているときの負圧を表したものである。

【0100】

まず、正規化するために、圧縮率 $R=5.5$ 、流量 $Q=8.17 \text{ nm}^3/\text{s}$ ($0.49 \text{ cc}/\text{min}$) におけるインク上限時安定負圧 $P_u=0.62 \text{ kPa}$ に対して、各データにおけるインク上限時安定負圧 P_u を正規化した値を、始点比

R_s とする。また、 R_2 は、圧縮率 R^2 について、圧縮率 $R = 5.5$ に対して正規化したものである。

【0101】

一方、圧縮率 $R = 5.5$ 、流量 $Q = 8.17 \text{ nm}^3/\text{s}$ ($0.49 \text{ cc}/\text{min}$)におけるインク下限時安定負圧 $P_L = 0.99 \text{ kPa}$ に対して、各データにおけるインク下限時安定負圧 P_L を正規化した値を、終点比 R_e とする。また、 R_1 は、圧縮率 R について、圧縮率 $R = 5.5$ に対して正規化したものである。

【0102】

ここで、それぞれ、始点において R_s/R_2 を算出し、終点において R_e/R_1 を算出すると、表1より、それぞれ略1であることがわかる。したがって、インク上限時安定負圧 P_u は圧縮率 R の2乗に比例し、インク下限時安定負圧 P_L は圧縮率 R に比例することがわかる。

【0103】

以上の結果から、さらに、インク及びインク吸収体22（フォーム材）の設計指針を詳しく得るために、これらの理論付けを行い、検討を加えた。以下に、詳細に説明する。

【0104】

先ず、インクカートリッジ20内のインクが上限まで充填されている時の安定負圧（インク上限時安定負圧 P_u ）と圧縮率 R との関係について以下に考察する。

【0105】

インクカートリッジ20内のインクが上限まで充填されている時、すなわち、インクカートリッジ20にインクが満載されている時には、インク吸収体22（フォーム材）の各セル22aを円形の管路とみなし、該管路の圧力差 ΔP （管路始点の圧力 P_1 －管路終点の圧力 P_2 ）、すなわち、粘性抵抗による管路の圧力損失 P_μ によって管路内の液（インク）が流れていると想定することができる。図13に示すように円形の管路（各セル22a）を流れる流量（ Q ）の理論値、つまり、管路1本当たりを流れるインクの流量の理論値を流量 Q_i (m^3/s)とすると、該流量 Q_i (m^3/s)は、下記一般式（5）

$$Q_i = P_u \cdot \pi \cdot d^4 / (128 \cdot \mu \cdot L) \quad \dots (5)$$

によって定義される。ここで、 P_u はインクの粘性抵抗による管路の圧力損失（ P_a ）であるインク上限時安定負圧、 d は管路直径（m）、 μ はインクの粘度（ $P_a \cdot s$ ）、 L は管路の流路長（m）である。

【0106】

ここで、 d （m）を圧縮時のセル径とみなすと、圧縮時のインク吸収体 22（フォーム材）の実装セル密度 M （個/m）（ $M = N \cdot R$ ）より、圧縮時のセル径 d （m）は、前記したように、下記関係式（3）

$$d = 1 / (N \cdot R) \quad \dots (3)$$

で表される。

【0107】

このとき、インク吸収体 22（フォーム材）は圧縮されてインクカートリッジ 20 内に収容されているので、インク吸収体 22（フォーム材）の各セル 22a は、図 14 に示すように、最密状態であると考えられる。したがって、圧縮時のフォーム材下端におけるセル 22a の総数であるセル総数 N_d （個）は、下記関係式（6）

$$N_d = (2 / \sqrt{3}) \cdot S / (d^2) \quad \dots (6)$$

で表される。なお、式（6）中、 S は、上記インクカートリッジ 20（インクタンク 21）に圧縮されて収納されたときのインク吸収体 22（フォーム材）の断面積（幅 W × 奥行 V ）を示す。

【0108】

したがって、上記関係式（6）で表される数のセル 22a からなる直径一定の円柱状の流路を想定した場合、該円柱状の流路を流れるインクの全流量 Q_t （ m^3/s ）（ $Q_t = Q_i \cdot N_d$ ；理論値）は、上記一般式（5）並びに関係式（3）・（6）より、以下の関係式（7）

$$\begin{aligned} Q_t &= Q_i \cdot N_d \\ &= [P_u \cdot \pi \cdot d^4 / (128 \cdot \mu \cdot L)] \cdot [(2 / \sqrt{3}) \cdot S / (d^2)] \\ &= A \cdot P_u \cdot S / [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2] \quad \dots (7) \end{aligned}$$

（但し、式中、係数 $A = 2.83 \times 10^{-2}$ を表す）

で表される。従って、上記全流量 Q_t は圧縮時のインク吸収体 2 2（フォーム材）の実装セル密度 M （個／m）（ $M = N \cdot R$ ）の 2 乗に反比例していることがわかる。

【 0 1 0 9 】

上記関係式（7）により、図 1 5 に示す円柱状の流路を想定した理論値である全流量 Q_t を求めた結果を、表 2 に示す。

【 0 1 1 0 】

【表 2】

川縮率	平均セル径	安定負圧実測値	流量/本	流路数	総流量	算出流量	比率
R	d (mm)	上限 (P u) (k P a)	Q i ($\mu\text{m}^3/\text{s}$)	N d (本)	Q t (nm^3/s)	Q c (nm^3/s)	Q/Q c
2	0.32	0.07	8.31	11,867	99	7.18	1.14
5	0.13	0.62	1.89	74,169	140	10.17	0.80
5.5	0.12	0.62	1.29	89,744	116	8.41	0.97
6	0.11	0.73	1.07	106,803	114	8.32	0.98
7	0.09	0.91	0.72	145,371	105	7.62	1.07
8	0.08	1.30	0.60	189,872	115	8.33	0.98
				補正係数	13.75		

【0111】

実際のインク吸収体 22 内（フォーム材内部）では、図 15 に示すように、球形状又は多面体上のセル 22 a が数珠状に連通している。このため、この連珠状の流路により、実効の直径は上記理論値よりも小さな値となる。そこで、セル径を用いて求めた上記全流量 Q_t （理論値）の実際の流量 Q （実測流量）に対する平均倍率を求め、これを補正係数 k とする。つまり、 $Q_t/Q \div k$ とすると、表

2 の場合、補正係数 k は 13.75 である。

【0112】

ここで、図 16 に示すように、直径を d_m 、その中心位置を $X=0$ とした球状流路を積分して求めた正規化流路抵抗を R_d 、円柱状流路の正規化流路抵抗を R_m とした抵抗比 R_d/R_m を、図 17 に示す。図 17 に示すように、 X が 0 近傍の場合には $r_d/R_m \div 1$ であるが、 X が $d_m/2$ (図 16 参照) に近づくに伴って R_d/R_m が上昇することがわかる。この検討より、補正係数 $k=13.75$ を考察すると、正規化セル径を 1 としたとき、 $X=0.488$ の位置で $R_d/R_m=13.75$ となる。これは流路を、正規化直径 0.21 で隣接セル 22a 同士が連通しているモデル化することができることを意味し、この検討からも実測値より決定した補正係数 k の値が適切であると言える。

【0113】

よって、上記補正係数 k を用いて、算出流量 Q_c (m^3/s) は、下記関係式 (8)

$$Q_c = Q_t / k \quad \dots (8)$$

(但し、式中、係数 $k=13.75$ を表す)

或いは、上記関係式 (8) に関係式 (7) を代入して、下記関係式 (9)

$$Q_c = (A/k) \cdot P_u \cdot S / [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2] \quad \dots (9)$$

(但し、式中、係数 $(A/k) = 2.06 \times 10^{-3}$ を表す)

として求めることができる。

【0114】

ここで、表 2 より、各データにおいて、 Q/Q_c は略 1 であるので、補正係数 k を用いることにより、

$$Q = (A/k) \cdot P_u \cdot S / [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2]$$

により、精度よく流量 Q を求めることができることがわかる。

【0115】

また、粘性抵抗による管路の圧力損失 (圧力差 ΔP) の理論値 P_v (Pa)、は、実測流量 Q から、

$$P_v = (1/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、式中、係数 $A = 2.83 \times 10^{-2}$ を表す)

で表される。

【0116】

さらに、関係式(8)、(9)と同様に上記の補正係数 $k = 13.75$ を用いた、粘性抵抗による管路の圧力損失(圧力差 ΔP)、つまり、粘性抵抗による管路の圧力損失(圧力差 ΔP)の算出値を P_μ (算出圧力差)とすると、該 P_μ (P_a) は、

$$P_\mu = k \cdot P_v \\ = (k/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q \quad \dots (10)$$

(但し、式中、 $(k/A) = 485$ を表す)

で表される。

【0117】

ここで、上記関係式(10)を用いて、管路の圧力損失(圧力差 ΔP)の理論値 P_v 及び算出値 P_μ を、実測流量 Q より求めた結果を、表3に示す。なお、表3中、流量 q は、管路1本当たりの実測流量を示す。

【0118】

【表 3】

圧縮率 R	実装セル密度 M (N×R)	平均セル径 d (mm)	実測流量 Q (mm ³ /s)	流路数 Nd (本)	流量 q (mm ³ /s)	圧力		
						P _v (kPa)	P _μ (kPa)	P _μ /P _u
2	3,150	0.32	8.17	11,867	0.688	0.0058	0.08	1.14
5	7,874	0.13	8.17	74,169	0.1101	0.0362	0.50	0.80
5.5	8,661	0.12	8.17	89,744	0.0910	0.0438	0.60	0.97
6	9,449	0.11	8.17	106,803	0.0765	0.0521	0.72	0.98
7	11,024	0.09	8.17	145,371	0.0562	0.0710	0.98	1.07
8	12,598	0.08	8.17	189,872	0.0430	0.0927	1.27	0.98
9	14,173	0.07	8.17	240,307	0.0340	0.1173	1.61	—
10	15,748	0.06	8.17	296,675	0.0275	0.1449	1.99	—
5.5	8,661	0.12	1.25	89,744	0.0139	0.0067	0.09	—

【0119】

ここで、管路の圧力損失（圧力差 ΔP ）の算出値 P_{μ} （算出圧力差）とインク
 上限時安定負圧 P_u との比を P_{μ}/P_u とすると略1である。

【0120】

また、図17に、表2と表3とをグラフ化して示す。図17に示すように、理論値からの算出値（算出圧力差 P_{μ} ）による安定負圧は、実際に測定した安定負圧（インク上限時安定負圧 P_u ）とよく一致していることがわかる。また、インク上限時安定負圧 P_u はインクの粘度に基づく圧力損失に起因し、補正係数を用いて精度よくインク上限時安定負圧 P_u を求めることができることがわかる。

【0121】

次に、インクカートリッジ20内のインクが下限までしか充填されていない時の安定負圧（インク下限時安定負圧 P_L ）と圧縮率 R との関係について以下に考察する。

【0122】

インクカートリッジ20内のインクが下限までしか充填されていない時、すなわちインクカートリッジ20内のインクが無くなる直前の状態は、インク吸収体22（フォーム材）の下端のセル22aを毛管とみなすことができる。

【0123】

したがって、図19（液体に正圧が印加時）及び図20（液体に負圧が印加時）に示すように、毛管内の液面（インクメニスカス）の臨界圧力 P_t （ P_a ）、つまり、インクエンプティ時におけるインク吸収体22による臨界圧力 P_E （ $=P_t$ ）は、下記一般式（11）

$$P_t = 2 \cdot \eta \cdot \cos \theta / (d/2) \quad \dots (11)$$

によって定義される。ここで、 η は管内の液（インク）の表面張力（N/m）であり、 θ は毛管内の液面（インクメニスカス）の、管との接触角であり、 d は毛管の直径（m）である。なお、インク吸収体22はインクに対して濡れ性の良いものが選ばれるので、 θ は略0とみなすことができる。したがって、上記一般式（11）は、下記一般式（12）

$$P_t = 4 \cdot \eta / d \quad \dots (12)$$

（厳密には $P_t \doteq 4 \cdot \eta / d$ ）として表すことができる。

【0124】

したがって、前記関係式（3）並びに上記一般式（12）より、インク吸収体

22 による臨界圧力 $P_E (=P_t)$ は、前記関係式 (4)

$$P_E = 4 \cdot \eta \cdot (N \cdot R) \quad \dots (4)$$

で表される。

【0125】

この関係式 (4) より、インク吸収体 22 の液面 (インクのメニスカス) の臨界圧力 P_t を求めた結果を、表 4 に示す。

【0126】

【表 4】

圧縮率	実装セル密度	平均セル径	圧力	
R	M (N×R)	d (mm)	P_x (kPa)	P_x/P_L
2	3,150	0.32	0.38	0.82
3	4,724	0.21	0.57	—
4	6,299	0.16	0.76	—
5	7,874	0.13	0.94	1.10
5.5	8,661	0.12	1.04	1.05
6	9,449	0.11	1.13	0.98
7	11,024	0.09	1.32	1.03
8	12,598	0.08	1.50	1.00
9	14,173	0.07	1.70	—
10	15,748	0.06	1.89	—

【0127】

上記関係式 (4) より求めた理論値臨界圧力 P_x の、実際の圧力であるインク下限時安定負圧 P_L に対する比 P_x/P_L は、略 1 であるので、インク下限時安定負圧 P_L はインクの表面張力に基づく毛管の臨界圧力に起因しているという理論の正しさを示すとともに、精度よくインク下限時安定負圧 P_L を求めることができることがわかる。

【0128】

インクカートリッジ 20 の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生

じることを防ぐ条件としては、インク吸収体 22（フォーム材）の保持力、つまり、表面張力 η の液体でインクのメニスカスを形成する、圧縮時のセル 22a の大きさ（セル径）が $1/(N \cdot R)$ のインク吸収体 22（フォーム材）のセル 22a における臨界圧力である、インク吸収体 22（フォーム材）の下端のセル 22a（毛管）内の液面（インクのメニスカス）の臨界圧力 P_E (P_a) が、インクの水頭圧よりも大きいことが要求される。

【0129】

したがって、インクカートリッジ 20 において、インクの比重を γ 、任意の姿勢でとり得るインクタンク 21 のインク供給口 24 に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さを h (m) とすると、インクの水頭圧は $9.8 \times 10^3 \cdot \gamma \cdot h$ (P_a) で表されるため、上記関係式 (4) における臨界圧力 P_E (P_a) は、以下の条件

$$4 \cdot \eta \cdot (N \cdot R) > 9.8 \times 10^3 \cdot \gamma \cdot h$$

を満足することが要求される。すなわち、インクカートリッジ 20 の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐためには、下記関係式 (13)

$$\eta \cdot N \cdot R \cdot B > \gamma \cdot h \quad \dots (13)$$

(但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ を表す)

を満足することが必要である。

【0130】

また、インクカートリッジ 20 内に収納された状態でのインク吸収体 22（フォーム材）のセル密度、つまり実装セル密度 M (個/m) ($M = N \cdot R$) は、例えばセル密度 $N = 1575$ (個/m) ($= 40$ 個/inch) を圧縮率 $R = 5$ で圧縮加工して得られたインク吸収体 22（フォーム材）をインクカートリッジ 20 に収納することにより該インク吸収体 22（フォーム材）がさらに 10% の圧縮を受けるとき、

$$M = 1575 \times 5.5 \times 1.1 = 9528 \text{ (個/m)} \quad (= 242 \text{ 個/inch})$$

であり、上記関係式 (13) に実装セル密度 M (個/m) を代入すると、下記関係式 (14)

$$\eta \cdot M \cdot B > \gamma \cdot h \quad \dots (14)$$

(但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ を表す)

となる。なお、実装セル密度 M は、実測値を用いてもよい。

【0131】

インク供給口 24 に対するインクの水頭高さ h (m)、つまり、任意の姿勢でとり得るインクタンク 21 のインク供給口 24 に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さ h (m) は、通常の姿勢においてはインク吸収体 22 (フォーム材) 或いはインクカートリッジ 20 内壁の高さとすればよい。

【0132】

ハンドリングに配慮する必要がある場合は、インクカートリッジ 20 を傾けた姿勢も含めてとり得るインク供給口 24 に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さとする。

【0133】

また、セル径の分布等を考慮すると、安全率を 2 倍程度以上とすることが望ましく、よって、下記関係式 (15)

$$\eta \cdot N \cdot R \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h \quad \dots (15)$$

(但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ を表す)

又は、下記関係式 (16)

$$\eta \cdot M \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h \quad \dots (16)$$

(但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ を表す)

を満足するように上記インクカートリッジ 20 を設計することが望ましい。

【0134】

一般的に、インクカートリッジの高さは、インクレベルの変動への配慮により、前記したように概ね 40 mm 以下が広く実用化されている。このため、安全率を 2 とすると、インク吸収体 (フォーム材) のセル (開口部) における具体的な臨界圧力は、前記したように 0.8 kPa (0.08 mH₂O) を満足することが望ましい。よって、上記インク吸収体 22 (フォーム材) のセル 22a における具体的な臨界圧力 P_E (Pa) は、 $P_E \geq 800$ の関係を満足することが望ましい。

【0135】

よって、前記関係式(4)から、下記関係式(17)

$$4 \cdot \eta \cdot N \cdot R \geq 800 \quad \dots (17)$$

又は、下記関係式(18)

$$4 \cdot \eta \cdot M \geq 800 \quad \dots (18)$$

の関係を満足することにより、インク吸収体22(フォーム材)のセル22aにおける臨界圧力 P_E (Pa)、つまり、インク吸収体22(フォーム材)の保持力を、0.8kPa(800Pa)以上に保つことができ、インクカートリッジ20の着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が生じることを防ぐことができる。

【0136】

なお、図18から、上記関係式(4)より求められる理論値(理論値臨界圧力 P_x)による負圧が、実際に測定した負圧(インク下限時安定負圧 P_L)とよく一致していることがわかる。また、実装セル密度 M ($M=N \cdot R$)の各設定時における負圧を表4に示す。

【0137】

次に、印字ヘッド1における吐出ノズル(インクノズル部)1aのインク滴出によるオリフィスのインク後退による臨界圧力 P_n (以下、ノズルの臨界圧力と記す場合がある)を求める。

【0138】

なお、オリフィスの形状は、図21に示すように、円管の吐出ノズルの径を $20\mu\text{m}$ 、長さを $20\mu\text{m}$ とし、吐出ノズル1aの先端部(ノズル先端)から、頂角90度、頂部円径 $20\mu\text{m}$ の円錐台形が延出していると仮定する。

【0139】

印字ヘッド1における吐出ノズル1aのインク吐出周波数を8000pps、ノズル数を64本に設定したときのインク流量 Q が $Q=8.17\text{nm}^3/\text{s}$ (=0.49cc/min)であったとき、インクの1滴は、

$$(8.17 \times 10^{-9}) / 8000 / 64 = 1.6 \times 10^{-14} (\text{m}^3) \quad (=16 \text{ pL})$$

となる。

【0140】

この場合にインクを1滴吐出したときの、オリフィス内のインクの後退による液面（インクのメニスカス）位置における円錐部の直径Hを表5に示す。なお、表5において、円錐部の直径 $H = 20 \mu\text{m}$ とは、エキシマレーザ加工等により、ノズル先端のストレート部が十分に長い場合（図21参照）を表している。また、表5は、インク1滴が $1.6 \times 10^{-14} (\text{m}^3) (= 16 \text{ pL})$ の場合における、ノズル先端でのインクメニスカスの過渡振動を考慮しない場合と、図22(a)～(h)に示すようなノズル先端でのインクのメニスカスの過渡振動等により、オリフィス内のインクが、インク吐出量に対して2倍後退した場合を示している。なお、図22(a)～(h)は、インクが吐出ノズル1aから吐出する状態を順に示す断面図である。例えば、600 dpiのインクジェットプリンタでは、 $1.6 \times 10^{-14} \sim 2.0 \times 10^{-14} (\text{m}^3) (= 16 \sim 20 \text{ pL})$ のインク滴が要求される。

【0141】

ノズル（本実施の形態においては吐出ノズル1a）の臨界圧力 P_n （ P_a ）は、前記一般式（12）に上記円錐部の直径H（m）を代入して下記一般式（19）

$$P_n = 4 \cdot \eta / H \quad \dots (19)$$

（厳密には $P_n \doteq 4 \cdot \eta / H$ ）

により求めることができる。

【0142】

インクの供給不足を起こさない必須条件は $(P_\mu) < (P_n)$ であり、吐出ノズル1aの直径を D_N （m）とすると、インクの供給不足を起こさないためには、前記関係式（10）並びに上記一般式（19）より、下記関係式（20）

$$(k/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q < 4 \cdot \eta / D_N \quad \dots (20)$$

（但し、式中、係数 $(k/A) = 485$ を表す）

を満足している必要がある。つまり、上記関係式（20）を整理すれば、下記関係式（21）

$$C \cdot [\mu \cdot L \cdot Q \cdot (N \cdot R)^2 / S] < \eta / D_N \quad \dots (21)$$

(但し、式中、 $C = (k / A) / 4 = 121$ を表す)

を満足している必要がある。

【0143】

また、実装セル密度 M (個/m) ($M = N \cdot R$) を上記関係式 (21) に適合すると、上記の必須条件は、

$$C \cdot [\mu \cdot L \cdot Q \cdot M^2 / S] < \eta / D_N \quad \dots (22)$$

(但し、式中、 $C = (k / A) / 4 = 121$ を表す)

となる。

【0144】

上記一般式 (19) を用いて算出した、各設定条件における吐出ノズル 1a の臨界圧力 P_n を表5に示す。

【0145】

【表5】

設定条件	H (μm)	P _n (kPa)
ノズルのみ	20	6.00
1. 6×10^{-8} (cc) 過渡振動考慮なし	42	2.84
1. 6×10^{-8} (cc) 過渡振動考慮あり	47	2.54

【0146】

表5から、インクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧 (インク吸収体 22 もしくはフィルタ 23 の臨界圧力) は、安全率、すなわち、過渡振動及び流量の誤差を考慮すると、約 2.0 kPa 以下であれば、インク吐出後にノズル先端のインクのメニスカスが後退した状態でインクのメニスカスにより生じるインクを吸引する上記臨海圧力 P_n が、インク供給系の負圧より大きくなり、インクの連続吐出を行った場合でも、必要量のインクを安定供給することが可能となることがわかる。

【0147】

したがって、インク供給系の負圧が2.0 kPa以下であれば、インク供給系に発生する負圧にて、インクが供給不足になり、ノズル先端よりインク液面（インクメニスカス）が後退しすぎて空気を吸入してしまうという問題が発生することを防止することができ、インクを連続吐出するときにも、インクの安定供給が可能になる。

【0148】

なお、インク供給系に生じる負圧が2.0 kPa以下であれば、インク供給系に発生する負圧に打ち勝ってメニスカスの表面張力によりインクを吸引し、メニスカスが前進してインク補給がなされ、インク供給系の負圧とメニスカスの吸引力とが平衡した時点でインク補給が終了する。逆に、インク供給系に発生する負圧がメニスカスの臨界圧より大きいとメニスカスは後退し、印字ヘッド1内に空気を吸い込み、吐出不良となる。

【0149】

また、インクカートリッジ20における充填インク体積に対する、吐出に用いることができたインク体積の比である効率 τ （タンク効率）を考慮すると、実装セル密度Mの上限は、 12.6×10^3 （個/m）（ $=320$ 個/inch）程度であり、インクの臨界圧力、つまり、インクの表面張力 η に基づくインク吸収体22の液面の臨界圧力 P_E によって決まるインク下限時安定負圧 P_L （Pa）は、表1から、該セル密度において、1.5 kPaであり、印字ヘッド1aの水頭及びインクタンク21の水頭は通常40 mm程度に抑えて設定されるので、両者の合計（ $P_E + P_i$ ）からも約2.0 kPaの値が導き出される。

【0150】

以上の検討結果を整理すると、インク吸収体22（フォーム材）のセル密度N及び圧縮率Rに要求される条件は以下の通りとなる。まず、前記関係式（13）から、下記関係式（23）

$$(N \cdot R) > \gamma \cdot h / (\eta \cdot B) \quad \dots (23)$$

（但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ を表す）

が得られる。また、前記関係式（21）から、

$$[\eta \cdot S / (C \cdot D_N \cdot \mu \cdot L \cdot Q)]^{0.5} > (N \cdot R) \quad \dots (24)$$

(但し、式中、係数 $C = (k/A) / 4 = 121$ を表す)

が得られる。したがって、インク吸収体 22 (フォーム材) のセル密度 N 及び圧縮率 R に要求される条件は、上記関係式 (23) ・ (24) から、

$$[\eta \cdot S / (C \cdot D_N \cdot \mu \cdot L \cdot Q)]^{0.5} > (N \cdot R) > \gamma \cdot h / (\eta \cdot B) \quad \dots (25)$$

(但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ 、係数 $C = 121$ を表す)

となる。

【0151】

また、インク吸収体 22 (フォーム材) の実装状態の実装セル密度 M ($M = N \cdot R$) (個/m) に要求される条件としては、上記と同様にして、前記関係式 (14) ・ (22) から、

$$[\eta \cdot S / (C \cdot D_N \cdot \mu \cdot L \cdot Q)]^{0.5} > M > \gamma \cdot h / (\eta \cdot B) \quad \dots (26)$$

(但し、式中、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$ 、係数 $C = 121$ を表す)

となる。よって、上記関係式 (25) 又は (26) を満足することにより、インクカートリッジ 20 着脱時のインクの洩れを防止し、かつ、連続吐出時にインクを安定供給することが可能となる。

【0152】

なお、インクジェット記録装置に用いられるインクは、

・粘度 $\mu = 0.015 \sim 0.15$ (Pa · s)

・インクの表面張力 $\eta = 0.03 \sim 0.05$ (N/m)

・インク吸収体 22 (フォーム材) のセル密度 $N = 1.57 \times 10^3 \sim 3.94 \times 10^3$ (個/m) (= 40 ~ 100 個/inch)

が一般的である。

【0153】

そこで、例えば、異なる条件として、以下の条件

・粘度 $\mu = 0.015$ (Pa · s)

・インクの表面張力 $\eta = 0.04$ (N/m)

・フォーム材のセル密度 $N = 3.15 \times 10^3$ (個/m) (= 80 個/inch)
を採用して検討を行った結果、条件を変更した場合においても上述した各式を満たすことが確認された。

【0154】

次に、インクの消費に伴って変化するインクレベルの影響について考察する。
図3に示すようにインク供給口24と吐出ノズル1a先端（ノズル先端）との落差 h によるヘッド水頭圧を P_h とすると、吐出ノズル1aにおけるインクのメニスカスによる有効保持力 P_n' (P_a) は、下記一般式(27)

$$P_n' = P_n - |P_h| \quad \dots (27)$$

で定義される。なお、 $|P_h|$ は P_h の絶対値を示す。つまり、 $| |$ は絶対記号を示し、以下、 $|x|$ は x の絶対値を示すものとする。

【0155】

このとき、ノズル先端よりインクのメニスカスが後退しすぎて空気を吸い込んでしまわない条件は、インクタンク21へのインクフル充填時で、下記関係式(28)

$$P_n' > |P_\mu| - |P_i| \quad \dots (28)$$

を満たすことであり、インクエンプティ時で、下記関係式(29)

$$P_n' > P_m \quad \dots (29)$$

を満たすことである。

【0156】

ヘッド水頭圧 P_h (インクの水頭) を考慮しない場合にノズル先端から空気を吸い込まない条件は $P_n > P_m$ であるが、ヘッド水頭圧 P_h を考慮することで、より実使用に則した条件となる。つまり、ヘッド水頭圧 P_h は、ノズル先端からのインク漏れを防ぐための負の静圧が発生するように設定され、上記インクジェット記録装置は、上記ヘッド水頭圧 P_h を考慮しない場合よりもノズル先端から空気を吸い込み易い条件において使用される。このため、ヘッド水頭圧 P_h を考慮することで、より実使用に則した条件とすることができる。

【0157】

ここで、前記したように異物混入を防止するためにフィルタ23を設計すると

、通常、

$$P_m > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots (30)$$

となるので、上記関係式 (29) ・ (30) から、以下の関係

$$P_{n'} > P_m > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots (31)$$

が導かれる。

【0158】

したがって、上記関係式 (28) ・ (31) から、以下の関係

$$P_{n'} > P_m > |P_\mu| + |P_i| > |P_\mu| - |P_i|$$

が成り立つため、上記関係式 (31) を満足、つまり、吐出ノズル 1a の直径を $D_N(m)$ とすると、前記実験式 (2) および一般式 (19) から、以下の関係式 (32)

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_i| > 4 \cdot \eta / (\sqrt{2} \cdot F) > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots (32)$$

を満足することで、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時にフィルタ 23 でリークする圧力を、印字ヘッド 1 の吐出ノズル 1a の臨界圧 P_n を越えることなく適宜管理でき、吐出ノズル 1a より空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路 3 に向かう異物を効果的に濾過し、吐出ノズル 1a による吐出動作の信頼性を高めることができる。

【0159】

また、前記一般式 (1) から、円形状の開口を有するフィルタによる臨界圧力 $P_{m'}$ は、該インクの表面張力 η (N/m) と、濾過精度 $F(m)$ とを用いて、下記一般式 (33)

$$P_{m'} = 4 \cdot \eta / F \quad \dots (33)$$

で表される。

【0160】

このため、前記関係式 (31) は、上記一般式 (33) を用いて関係式 (32) と同様にして、下記関係式 (34)

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_i| > 4 \cdot \eta / F > |P_\mu| + |P_i| \quad \dots (34)$$

で表される。よって、円形状の開口を有するフィルタを用いた場合、上記関係式

(34) を満足することで、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時に、上記フィルタ 23 でリークする圧力を、印字ヘッド 1 の吐出ノズル 1a の臨界圧 P_n を越えることなく適宜管理でき、吐出ノズル 1a より空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路 3 に向かう異物を効果的に濾過し、吐出ノズル 1a による吐出動作の信頼性を高めることができる。

【0161】

したがって、上記関係式 (32) ・ (34) をまとめると、インク供給経路 3 内に、濾過精度 F (m) のフィルタを用いる場合、インクタンク 21 に収納する前のインク吸収体 22 のセル密度を N (個/m)、上記インクタンク 21 に収納される前に対する上記インクタンク 21 に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体 22 の体積比で示される圧縮比を R とすると、以下の関係式 (35)

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_i| > 4 \cdot \eta / F' > |P_\mu| + |P_i| \cdots (35)$$

(但し、フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足するように上記インクジェット記録装置を設計することで、吐出ノズル 1a による吐出動作の信頼性を高めることができる。

【0162】

なお、上記した各式、例えば上記関係式 (32) ・ (34) ・ (35) において、 P_μ は前記関係式 (10) にて与えられる。

【0163】

ところで、インク吸収体 22 (フォーム材) に保持されたインクがエンプティになったとき、インクと共に空気がフィルタ 23 を通過することにより、図 23 (a) ・ (b) に示すように、供給チューブ 4 内、つまり、インク供給経路 3 内に気泡が発生する場合がある。

【0164】

このとき、図 23 (a) に示すように、インク供給量が少ない場合には、大きな気泡が発生し、図 23 (b) に示すように、インク供給量が大きい場合には、小さな気泡が発生する。このように発生する気泡により、検出電極 25 ・ 25 に

よるインク残量検出のS/N比が劣化する場合がある。

【0165】

そこで、本願発明者らは、濾過精度Fが $50\mu\text{m}$ のメッシュ状に形成されたフィルタ23をインク供給経路3内に設けた場合における、連続インク供給量とS/N比との関係を調べた。その結果を表6に示す。

【0166】

なお、以下の各実験においては、フィルタ23としては、濾過精度Fが $50\mu\text{m}$ のステンレスフィルタを使用し、インクタンク21内に混入し得る空気の許容量は、 0.5cc に設定した。また、インクの流路となるインク供給経路3の直径、すなわち、インク供給チューブ4における、インク供給口3aを含まない検出部（検出電極25・25）上流側のパイプ部分の内径は 1.5mm とした。評価項目は下記の通りである。

【0167】

- ・ q' : 1分間あたりのインク供給量 (cc/min)
- ・ Re : レイノルズ数
- ・ Ro : 流量が少ないときの検出電極25・25の抵抗 ($\text{k}\Omega$)
- ・ Ra : インクエンプティ時の検出電極25・25の抵抗 ($\text{k}\Omega$)
- ・ S/N比 : 検出電極25・25の検出抵抗のS/N比
- ・ Qa : インクタンク21への空気混入量 (cc)

一般的に検出信号のS/Nとしては $10\sim 20\text{db}$ (3~10倍) 以上、特に、 14db (5倍) 以上であることが望ましく、S/N比が5以上で、かつ、空気流入量 Qa が 0.5cc 以下のものを「○」、該条件を満たさないものを「×」と判定した。

【0168】

【表 6】

インク供給量 q' (cc/min)	レイノルズ数 Re	抵抗 R_o (k Ω)	抵抗 R_a (k Ω)	S/N比	空気混入量 Q_a (cc)	判定
0.05	0.10	11	999	92.5	0.07	○
0.50	1.01	11	58	5.1	0.08	○
0.50	1.01	11	110	9.6	0.25	○
2.00	4.04	11	26	2.3	0.67	×
2.00	4.04	11	45	3.9	1.33	×

【0169】

表 6 に示すように、 $q' = 0.05$ (cc/min)、 $Re = 0.10$ であるとき、インクエンpty時の検出電極 25・25 の抵抗 R_a は、オーバーロードしている。また、S/N 比は、インク無しの場合で 5.0、インク有りの場合でオーバーロードしており、良好と言える。なお、インク無しの場合とは、インクエンpty状態でインク吸収体 22 のインクのメニスカスがフィルタ 23 まで後退してフィルタ 23 から積極的に空気を吸い込む状態であり、インク有りの場合とは、インクエンptyに達する以前の状態でインク吸収体 22 のメニスカスがフィルタ位置（つまり、フィルタ 23 が設けられている位置）まで後退しておら

ず、フィルタ 23 が気泡の誤吸入を排除しようとしている状態である。

【0170】

また、 $q' = 0.05$ (cc/min)、 $Re = 1.01$ であるとき、インクエンpty時の検出電極 25・25 の抵抗 R_a および S/N 比において、良好な値を得ることができた。

【0171】

しかしながら、 $q' = 2.00$ (cc/min)、 $Re = 4.04$ であるとき、インクエンpty時の検出電極 25・25 の抵抗 R_a は、インク無の場合で $26\text{ k}\Omega$ 、インク有りの場合で $45\text{ k}\Omega$ であり、良好な値を得ることはできなかった。また、 S/N 比としては、インク無の場合で 0.67 、インク有りの場合で 1.33 であり、 S/N 比もまた良好な値を得ることはできなかった。

【0172】

そこで、インク供給量 q' (cc/min) の Log を横軸 x 、つまり、 $x = \text{Log}(q')$ として、表 1 に示すインク供給量 q' (cc/min) とインクタンク 21 への空気混入量 Q_a (cc) 並びに S/N 比との関係をグラフ化 (図 1) した。

【0173】

図 1 から、 S/N 比並びに上記の空気混入量 Q_a (cc) との指数近似式は、図 1 中、実線で示すように、

$$S/N \div 4.8 \exp(-2.1x)$$

$$Q_a \div 0.41 \exp(1.7x)$$

$$\text{但し } x = \text{Log}(q')$$

となる。

【0174】

上記の指数近似式より、 $S/N \geq 5$ を満足するための条件は、 $x < -0.02$ ($q' \leq 1.0$) であり、 $Q_a \leq 0.5$ を満足するための条件は、 $x \leq 0.12$ ($q' \leq 1.0$) となる。したがって、上記の結果から、 $q' \leq 1$ (ml/min) が、気泡による検出抵抗の S/N 比劣化を防止することができ、インクを安定供給することができる条件となる。

【0175】

よって、上記インク供給経路3（インク供給チューブ4）へのインク供給量 q' 、言い換えれば、印字ヘッド1による1分間当たりのインク吐出量を、 1.0 cc 以下に設定することで、インク供給時に発生する気泡によりインクエンプティ検出電極である検出電極25・25の S/N 比が低下せず、インクの供給により、インクエンプティ検出精度が低下することを防止することができる。

【0176】

通常、インクジェット記録装置等の画像形成装置におけるインク供給量は、インク供給経路3の直径や印字ヘッド1による吸引力により、製造段階において予め所定の値に設定されている。よって、該画像形成装置におけるインク供給経路3へのインク供給量が 1.0 cc/min 以下に設定、つまり、上記インク供給量が 1.0 cc/min 以下となるように設計されていることで、インク供給経路3内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0177】

さらに、本願発明者らは、インク供給量 q' （ cc/min ）とレイノルズ数 Re との関係についてグラフ化した。この結果を図24に示す。図24より、インク供給量を $q' \leq 1.0$ （ cc/min ）とするには、レイノルズ数 Re を2以下とすればよいことがわかる。よって、 $Re \leq 2$ とすることで、気泡による検出抵抗の S/N 比劣化を防止することができる。

【0178】

すなわち、インクの動粘性を ν （ m^2/s ）、上記インク供給経路3の直径を d （ m ）、平均インク供給量を Q （ m^3/s ）とすると、以下の関係式（36）
$$(4 \cdot Q / (\pi \cdot d)) / \nu \leq 2 \quad \dots (36)$$
を満たすことで、気泡による検出抵抗の S/N 比劣化を防止することができ、インク供給経路3内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0179】

さらに、本願発明者らは、上記フィルタ23の表面に撥水性を持たせた場合に

におけるインク供給量 q' と S/N 比との関係について調べた。なお、撥水性を有するフィルタ 23 には、前記実験で用いたのと同じフィルタ 23 をシリコンオイルで表面撥水処理をしたものを試作して使用した。この結果を表 7 に示す。なお、表 7 は、インク無しの場合における測定結果を示す。

【0180】

【表 7】

インク供給量 q' (cc/min)	抵抗 R_o (k Ω)	抵抗 R_a (k Ω)	S/N 比	空気混入量 Q_a (cc)	判定
0.50	11.7	450	38.5	0.03	○
2.00	11.7	470	40.2	0.17	○

【0181】

表 6 および表 7 に示す測定結果から、インク供給量 q' が同じ場合でも、フィルタ 23 に撥水性を持たせることで、 S/N 比が向上することがわかる。

【0182】

特に、表 6 に示すようにフィルタ 23 に撥水性を持たせていないときに検出抵抗の S/N 比が著しく劣化したインク供給量 q' が 2.0 cc/min の場合であっても、表 7 に示すように、フィルタ 23 に撥水性を持たせることで、 S/N 比が 40.2 となり、良好な値を示している。

【0183】

また、本願発明者らは、インク供給経路 3 内に、図 25 に示すように、フィルタ 23 として 2 つのフィルタ 41・42 を設けた場合における、各フィルタの濾過精度 $F_1 \cdot F_2$ とインク供給量 q' と S/N 比との関係について調べた。この結果を表 8 に示す。

【0184】

【表 8】

フィルタ濾過精度 F_1 (μm)	F_2 (μm)	表面	状態	インク供給量 q (cc/min)	抵抗 R_o (k Ω)	抵抗 R_a (k Ω)	S/N比	空気混入量 Q_a (cc)	判定
50	50	撥水性	初期	0.50	14	800	58.8	0.03	○
			放置後	2.00	13	166	13.2	0.17	○
				0.50	12	80	6.5	0.05	○
				2.00	13	70	5.2	0.67	×
50	70	親水性	初期	0.50	25	OL	OL	0.05	○
			放置後	2.00	25	OL	OL	0.33	○
				0.50	25	OL	OL	0.03	○
				2.00	26	240	9.2	0.33	○
50	95	親水性	初期	0.50	25	OL	OL	0.05	○
			放置後	2.00	25	120	4.8	0.67	×
				0.50	25	OL	OL	0.03	○
				2.00	26	90	3.5	0.67	×
50	115	親水性	初期	0.50	25	OL	OL	0.10	○
			放置後	2.00	26	340	13.1	0.67	×
				0.50	26	500	19.2	0.10	○
				2.00	26	90	3.5	0.67	×

【0185】

なお、表 8 において、 F_1 は、インク供給経路 3 の上流側に配置されたフィルタ 4 1 の濾過精度を示し、 F_2 はインク供給経路 3 の下流側に配置されたフィルタ 4 2 の濾過精度を示す。また、OL (オーバーロード) は、抵抗測定器の測定範囲をスケールオーバーして測定不能であったもの (999 k Ω 以上) を示す。

【0186】

また、「初期」とは、新品で空のインクタンク 21 にインクを充填して直ちに実験を開始した場合を示し、「放置後」とは、新品で空のインクタンク 21 にインクを充填後、3 日間放置してから実験を開始した場合を示し、「インク供給後」とは、使用済みの空のインクタンク 21 にインクを充填して正規の状態とした場合を示す。

【0187】

表 8 に示すように、例えばインク漏れの防止並びに異物の除去を目的としてインク供給経路 3 内に 2 つのフィルタ 23 を設けた場合であっても、インク供給量 q' を 1.0 cc/min 以下に設定することで、フィルタ 23 が撥水性であるか親水性であるかに拘らず、 S/N 比が 5 以上で、かつ、空気流入量 Q_a が 0.5 cc 以下という良好な実験結果を得ることができた。

【0188】

また、表 8 において、上記下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 は、上記上流側のフィルタ 41 の濾過精度 F_1 と同等、あるいはそれ以上に設定されている。表 8 に示すように、特に、下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 を $70 \mu\text{m}$ 、上流側のフィルタ 41 の濾過精度 F_1 を $50 \mu\text{m}$ に設定すると、検出抵抗の S/N 比が良好となることがわかる。

【0189】

また、表 9 に、フィルタの濾過精度 $F_1 (= F) \cdot F_2$ とインク供給量 q' と S/N 比との関係をまとめた結果を示す。

【0190】

【表 9】

濾過精度		表面	初期判定		放置後判定	
F_1 (μm)	F_2 (μm)		$q' = 0.5$ (cc/min)	$q' = 2$ (cc/min)	$q' = 0.5$ (cc/min)	$q' = 2$ (cc/min)
50	なし	親水性	○	×	○	×
		撥水性	○	○	○	×
50	50	親水性	○	×	×	×
		撥水性	○	○	○	×
50	70	親水性	○	○	○	○
50	95	親水性	○	×	○	×
50	115	親水性	○	×	○	×

【0191】

表 9 に示すように、上流側のフィルタ 41 の濾過精度 F_1 を $50\mu\text{m}$ としたときに下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 を $50\mu\text{m}$ とした場合には良好な S/N 比、もしくは、空気混入量を得ることができなかった。これに対し、上流側のフィルタ 41 の濾過精度 F_1 を $50\mu\text{m}$ としたときに下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 を $95\mu\text{m}$ もしくは $115\mu\text{m}$ とすると、インク供給量 q' が 2.00cc/min の場合には、空気混入量を判定すると良好な結果を得ることはできなかったが、それ以外の場合には良好な S/N 比、もしくは、空気混入量を得る

ことができた。

【0192】

したがって、以上の結果から、上記上流側のフィルタ41の濾過精度 F_1 (m) に対して、下流側のフィルタ42の濾過精度 F_2 (m) を大きくすることによっても、気泡による検出抵抗の S/N 比、もしくは、空気混入量の劣化を防止することができ、インク供給経路3内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0193】

そして、この場合、特に、上記下流側のフィルタ42の濾過精度 F_2 (m) を上記上流側のフィルタ41の濾過精度 F_1 (m) の $\sqrt{2}$ 倍以下（つまり、 $F_1 < F_2 \leq \sqrt{2} F_1$ ）、好ましくは $\sqrt{2}$ 倍未満とすることによって、気泡による検出抵抗の S/N 比劣化を効果的に防止することができ、インクエンプティ検出精度が低下することをより効果的に防止することができる。

【0194】

特に、表8および表9に示すように、上流側のフィルタ41の濾過精度 F_1 を $50\mu\text{m}$ としたときに下流側のフィルタ42の濾過精度 F_2 を $70\mu\text{m}$ とすると、インク供給量 q' が $2.00\text{cc}/\text{min}$ の場合、あるいは、「放置後」に測定した場合であっても、良好な S/N 比を得ることができた。

【0195】

これは、 F_2 が F_1 の $\sqrt{2}$ 倍に設定されており、上流側のフィルタ41を通過する際に発生する気泡が、下流側のフィルタ42にトラップされるためである。

【0196】

つまり、フィルタ23と同じフィルタ41によるインク負圧の臨界圧力 P_m は、前記実験式(2)から、 $P_m = 4\eta / (\sqrt{2} \cdot F_1)$ で表されることから、気泡の直径を D_B (m) とすると、上記上流側のフィルタ41を通過した直後の気泡の直径 D_B は濾過精度 F_1 の $\sqrt{2}$ 倍になると考えられる。気泡の直径 D_B は、図8に示す測定装置でフィルタの開口部におけるインクのマスキングの破れる臨界圧力 P_m を測定して測定値から逆算することで求めることができる。

【0197】

ここで、前述の記載と同様に濾過精度 F_1 は上記上流側のフィルタ 41 の開口部（セル）の最小部と解釈すると、下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 が気泡の直径 D_B 、すなわち $(\sqrt{2} \cdot F_1)$ よりも大きくなると、インクが、第 1 のフィルタである上記上流側のフィルタ 41 を通過することにより発生した気泡が、第 2 のフィルタである上記下流側のフィルタ 42 にトラップされず通り抜けてしまい、検出電極 25・25 の S/N 比が低下してしまう場合があり、この傾向は、上記 F_2 が F_1 の 2 倍以上の場合に顕著となると推測する。

【0198】

したがって、上記下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 は、上記上流側のフィルタ 41 の濾過精度 F_1 の 2 倍よりも小さく設計されていることが望ましく、 $\sqrt{2}$ 倍以下に設計されていること、言い換えれば、上記下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 が気泡の直径 D_B 以下（つまり、 $F_1 < F_2 \leq D_B$ ）となるように設計されていることがより望ましい。

【0199】

また F_2 が F_1 より小さくなればなるほど、上記上流側のフィルタ 41 により作られた気泡が上記下流側のフィルタ 42 によりトラップされた後、該下流側のフィルタ 42 によって作られる気泡の直径 D_B' ($D_B' = \sqrt{2} \cdot F_2$) も小さくなる。このため、インク検出電極の S/N 比も減少し、インクエンプティ検出精度が劣化する場合がある。

【0200】

これは、気泡は大きいほど、潰れやすいためであり、気泡は大きいほどインク検出抵抗の S/N 比を向上させることができる。

【0201】

したがって、前記したように、上記上流側のフィルタ 41 の濾過精度 F_1 (m) に対して、下流側のフィルタ 42 の濾過精度 F_2 (m) を大きくすることが望ましく、これにより、インク供給経路 3 内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができる。

【0202】

なお、フィルタ 41・42 の目の形状、つまり、フィルタ 23 の目の形状は、

円形でないことが、つまり、円形以外の形状であることが好ましい。例えば、上記フィルタ 23 の目の形状は楕円形、もしくは、前記したように網目状であることが好ましい。このように構成することにより、インクがフィルタ 41・42（フィルタ 23）を通過した後、該フィルタ 41・42（フィルタ 23）の濾過精度 $F_1 \cdot F_2$ （ F ）よりも大きな気泡を発生させることができる。

【0203】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、上述した各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0204】

さらに、上述した実施形態においては、上記インクタンク 21、つまり、インク収納部に収納する前のインク吸収体（インク吸収体 22）のセル密度を N （個／ m ）、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R として説明したが、上記インク吸収体は、上記インク収納部に収容する際に圧縮して収納してもよく、予め圧縮してから収納してもよい。

【0205】

上記インク吸収体としては、例えば、圧縮加工されたスポンジ等、インク吸収体に広く使われる圧縮加工されたフォーム材（圧縮した状態で加熱プレスし、永久圧縮を与えたもの）を用いることができ、この場合、上記セル密度 N （個／ m ）並びに圧縮比 R としては、圧縮加工前のインク吸収体のセル密度（個／ m ）並びに圧縮加工前に対する圧縮加工後、つまり、圧縮加工後のフォーム材をインク吸収材としてインクタンクに挿入した際のインク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）を用いることができる。

【0206】

よって、圧縮加工前のインク吸収体のセル密度を N' （個／ m ）、圧縮加工前に対する圧縮加工後の上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比（圧縮率）を R' とすると、前記した各式は、 $N = N'$ 、 $R = R'$ として表すことができる。

【0207】**【発明の効果】**

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを貯留するインク収納部と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路に供給されるインク供給量が、1分間当たり1.0cc以下に設定されている構成である。

【0208】

上記の構成によれば、インク供給時に上記インク供給経路内に気泡が発生しても上記検出電極のS/N比が低下しない。よって、上記の構成によれば、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができるという効果を奏する。

【0209】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを貯留するインク収納部と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、インクの動粘性を ν (m^2/s)、インク供給経路の直径を d (m)、平均インク供給量を Q (m^3/s) とすると、

$$(4 \cdot Q / (\pi \cdot d)) / \nu \leq 2$$

を満足する構成である。

【0210】

上記の構成によれば、上記インク供給経路に供給されるインク供給量を、1分間当たり1.0cc以下とすることができるので、インク供給時に上記インク供給経路内に気泡が発生しても上記検出電極のS/N比の低下を防止することができる。よって、上記の構成によれば、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができるという効果を奏する。

【0211】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記インク収納部内部に、イ

ンクを保持する多孔質のインク収納体を備えると共に、上記インク供給経路内部にフィルタを備え、上記印字ヘッドにおけるノズルのインク吐出口と上記インク収納部のインク供給口との間の水頭圧を P_h (Pa)、上記インク収納部にインクがフル充填されているときにインクを上記インク供給口を介して上記印字ヘッドに供給しようとするときに生じるインク収納部の水頭圧を P_i (Pa)、上記インク収納部におけるインクの粘性抵抗による圧力損失を P_μ (Pa)、上記フィルタの濾過精度を F (m)、上記印字ヘッドにおけるノズルの直径を D_N (m)、上記インクの表面張力を η (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の断面積を S (m²)、上記インク収納部に圧縮されて収納されたときのインク吸収体の高さを L (m) とすると、

$$4 \cdot \eta / D_N - |P_h| > 4 \cdot \eta / F' \geq |P_\mu| + |P_i|$$

$$P_\mu = (k/A) \cdot [\mu \cdot L \cdot (N \cdot R)^2 / S] \cdot Q$$

(但し、係数 $(k/A) = 485$ 、

フィルタの開口が円形の場合は $F' = F$ 、

その他の場合は $F' = \sqrt{2} \cdot F$)

を満足する構成である。

【0212】

上記の構成によれば、インク供給時、特に、インクエンプティ直前におけるインク供給時にフィルタでリークする圧力を、上記印字ヘッドのノズルの臨界圧を越えることなく適宜管理でき、上記ノズルからの空気の吸い込みを防止することができると共に、インク供給経路に向かう異物を効果的に濾過することができ、上記ノズルによる吐出動作の信頼性を高めることができるという効果を奏する。

【0213】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記インク供給経路内に、撥水性を有するフィルタを備えている構成である。

【0214】

上記の構成によれば、インク供給量が同じ場合でも、撥水性を有するフィルタを用いると、フィルタに撥水性を持たせていないときと比較して上記検出電極の S/N 比が向上する。よって、上記の構成によれば、インクの供給によりインクエンプティ検出精度が低下することを、より効果的に防止することができるという効果を奏する。

【0215】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、インクを貯留するインク収納部と、該インク収納部に貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置において、上記インク供給経路内に、濾過精度の異なる 2 つのフィルタを備え、上記インク供給経路における下流側のフィルタの濾過精度が上流側のフィルタの濾過精度よりも大きい構成である。

【0216】

上記の構成によれば、インク供給時に上記インク供給経路内に気泡が発生した場合に上記検出電極の S/N 比が低下することを防止することができる。よって、上記の構成によれば、インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供することができるという効果を奏する。

【0217】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記上流側のフィルタの濾過精度を F_1 (m)、下流側のフィルタの濾過精度を F_2 (m) とすると、

$$F_1 < F_2 \leq \sqrt{2} F_1$$

を満足する構成である。

【0218】

上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を上記上流側のフィルタの濾過精度 F_1 よりも大きくすると、そうでない場合と比較して上記下流側のフィルタによって作られる気泡の直径を大きくすることができる。しかしながら、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 が気泡の直径よりも大きくなると、インクが上記上流側のフィルタを通過することにより発生した気泡が、上記下流側のフィルタにトラップ

されず通り抜けてしまい、検出電極の S/N 比が低下してしまう場合があり、この傾向は、上記 F_2 が F_1 の $\sqrt{2}$ 倍より大きい場合に顕著となる。よって、上記の構成によれば、検出電極の S/N 比の低下をより効果的に防止することができ、インクエンプティ検出精度の低下をより効果的に防止することができるという効果を奏する。

【0219】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 (m) は、上記インク供給経路内に生じた気泡が上記上流側のフィルタを通過する際に発生する気泡の直径を D_B (m) とすると、

$$F_1 < F_2 \leq D_B$$

を満足する構成である。

【0220】

上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を上記上流側のフィルタの濾過精度 F_1 よりも大きくすると、そうでない場合と比較して上記下流側のフィルタによって作られる気泡の直径を大きくすることができる。しかしながら、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 が気泡の直径 D_B よりも大きくなると、インクが上記上流側のフィルタを通過することにより発生した気泡が、上記下流側のフィルタにトラップされず通り抜けてしまい、検出電極の S/N 比が低下してしまう場合がある。したがって、上記下流側のフィルタの濾過精度 F_2 を気泡の直径 D_B 以下とすることで、上記上流側のフィルタを通過することにより発生した気泡を、上記下流側のフィルタで確実にトラップすることができる。よって、上記の構成によれば、検出電極の S/N 比の低下をより効果的に防止することができ、インクエンプティ検出精度の低下をより効果的に防止することができるという効果を奏する。

【0221】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、上記上流側のフィルタおよび下流側のフィルタの少なくとも一方が、撥水性を有している構成である。

【0222】

上記の構成によれば、インク供給量が同じ場合でも、撥水性を有するフィルタを用いると、フィルタに撥水性を持たせていないときと比較して上記検出電極の

S/N比が向上することが確認できる。よって、上記の構成によれば、インクの供給によりインクエンプティ検出精度が低下することを、より効果的に防止することができる。

【0223】

本発明にかかる画像形成装置は、以上のように、当該画像形成装置に着脱可能に設けられたインクカートリッジを備え、上記インク収納部は、上記インクカートリッジに設けられていると共に、内部に、インクを保持する多孔質のインク吸収体が収納されたインク収納部を備え、上記インクの表面張力を η (N/m)、上記インク収納部に収納する前のインク吸収体のセル密度を N (個/m)、上記インク収納部に収納される前に対する上記インク収納部に圧縮されて収納されたときの上記インク吸収体の体積比で示される圧縮比を R 、任意の姿勢でとり得る上記インク収納部のインク供給口に対する鉛直方向の最大高さのインクの水頭高さを h (m)、インクの比重を γ とすると、

$$\eta \cdot N \cdot R \cdot B > 2 \cdot \gamma \cdot h$$

(但し、係数 $B = 4.08 \times 10^{-4}$)

を満足する構成である。

【0224】

上記の構成によれば、インクの表面張力 η の違いも考慮して任意の姿勢で生じるインクの最大水頭圧力よりも大きい保持力が得られる。よって、インクカートリッジの着脱時にインクが不用意に漏れるといった問題が発生することをより確実に防ぐことができる。また、インクを連続吐出するときに、インク供給系の負圧を、印字ヘッドにおける、インクを吐出するノズル先端でのインクメニスカスにより生じるインクの吸引圧力未満とすることができ、インク供給系に発生する負圧にて、インクが供給不足になり、ノズル先端よりインク液面が後退しすぎて空気を吸入してしまい、インク吐出動作不良となることを防止することができるという効果を併せて奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の一形態にかかるインクジェット記録装置におけるインク供給経

路への1分間あたりのインク供給量とインクタンクへの空気混入量と検出電極のS/N比との関係を示すグラフである。

【図2】

上記インクジェット記録装置の全体構成を一部切り欠いて示す斜視図である。

【図3】

上記インクジェット記録装置におけるインク供給装置の概略構成図である。

【図4】

(a) は上記インクジェット記録装置のインクカートリッジの構成を示す断面図であり、(b) は(a) に示すインクカートリッジからインク供給経路を抜いた状態を示す断面図であり、(c) は検出電極の構成を示す断面図である。

【図5】

上記インク供給装置のフィルタの構成を示す正面図である。

【図6】

上記インクカートリッジにインクを満たした状態からインクを継続して吐出したときの時間とインクカートリッジの負圧との関係を示すグラフである。

【図7】

図6を模式的に示すグラフである。

【図8】

上記インクジェット記録装置のインク供給経路にかかる負圧の測定実験に用いた測定装置の概略構成図である。

【図9】

図8に示す測定装置を用いて実際に測定したフィルタの濾過精度とインク供給経路にかかる負圧との関係を示すグラフである。

【図10】

フィルタの濾過精度とフィルタによるインク負圧の臨界圧力との関係を示すグラフである。

【図11】

セル密度と効率との関係を示すグラフである。

【図12】

実装セル密度と効率との関係を示すグラフである。

【図 1 3】

インクカートリッジのフォーム材の各セルを円形管路とみなしたとき、円形管路を流れる流量と管路の圧力差とを示す模式図である。

【図 1 4】

最密充填されているセルを示す構成図である。

【図 1 5】

インクカートリッジにおける実際のフォーム材内では、球形状又は多面体上のセルが数珠状に連通している状態を示す断面図である。

【図 1 6】

実際のフォーム材内ではセルは連珠状の流路となっているとしたときの、実効直径の求め方を示す説明図である。

【図 1 7】

セルの直径を d_m 、その中心位置を $X = 0$ とした球状流路を積分して求めた正規化流路抵抗を R_d 、円柱状流路の正規化流路抵抗を R_m としたときの、 X と抵抗比 R_d / R_m 及びセル直径 d との関係を示すグラフである。

【図 1 8】

圧縮率と負圧との関係を示すグラフである。

【図 1 9】

インクカートリッジ内のインクが無くなる直前の状態ではフォーム材の下端のセルを毛管とみなすことができるとしたときの、毛管内の液面（インクメニスカス）の臨界圧力を示す模式図である。

【図 2 0】

毛管内の液面（インクメニスカス）の臨界圧力を示す模式図である。

【図 2 1】

供給口の端部の構成を拡大して示す断面図である。

【図 2 2】

(a) ~ (h) はインクがノズルから吐出する状態を順に示す断面図である。

【図 2 3】

(a) はインク供給量が少ない場合のインク供給経路内に発生する気泡の状態を示す上記インク供給経路の断面図であり、(b) は、インク供給量が多い場合のインク供給経路内に発生する気泡の状態を示す上記インク供給経路の断面図である。

【図 2 4】

インク供給経路への 1 分間あたりのインク供給量とレイノルズ数との関係を示すグラフである。

【図 2 5】

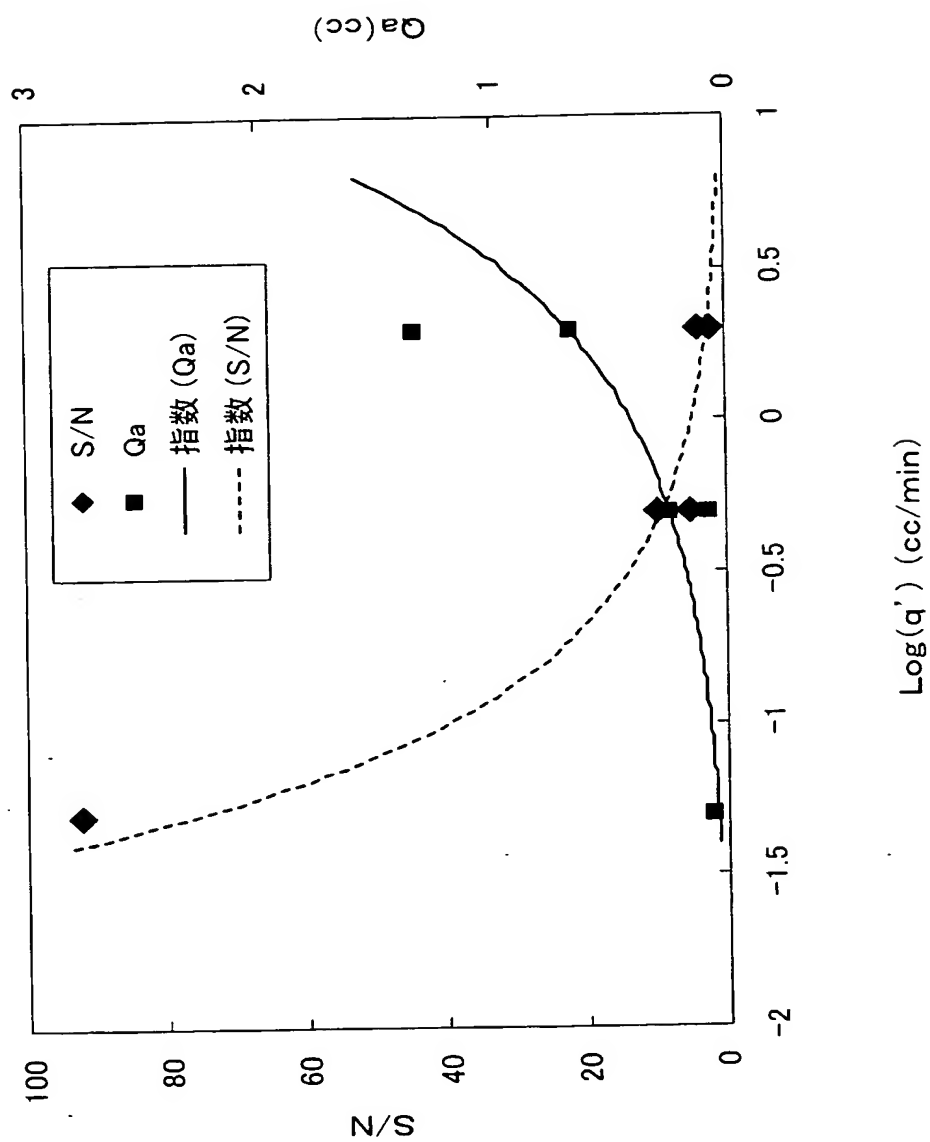
上記インクジェット記録装置のインク供給経路内に 2 つのフィルタを用いたインクカートリッジの構成を示す断面図である。

【符号の説明】

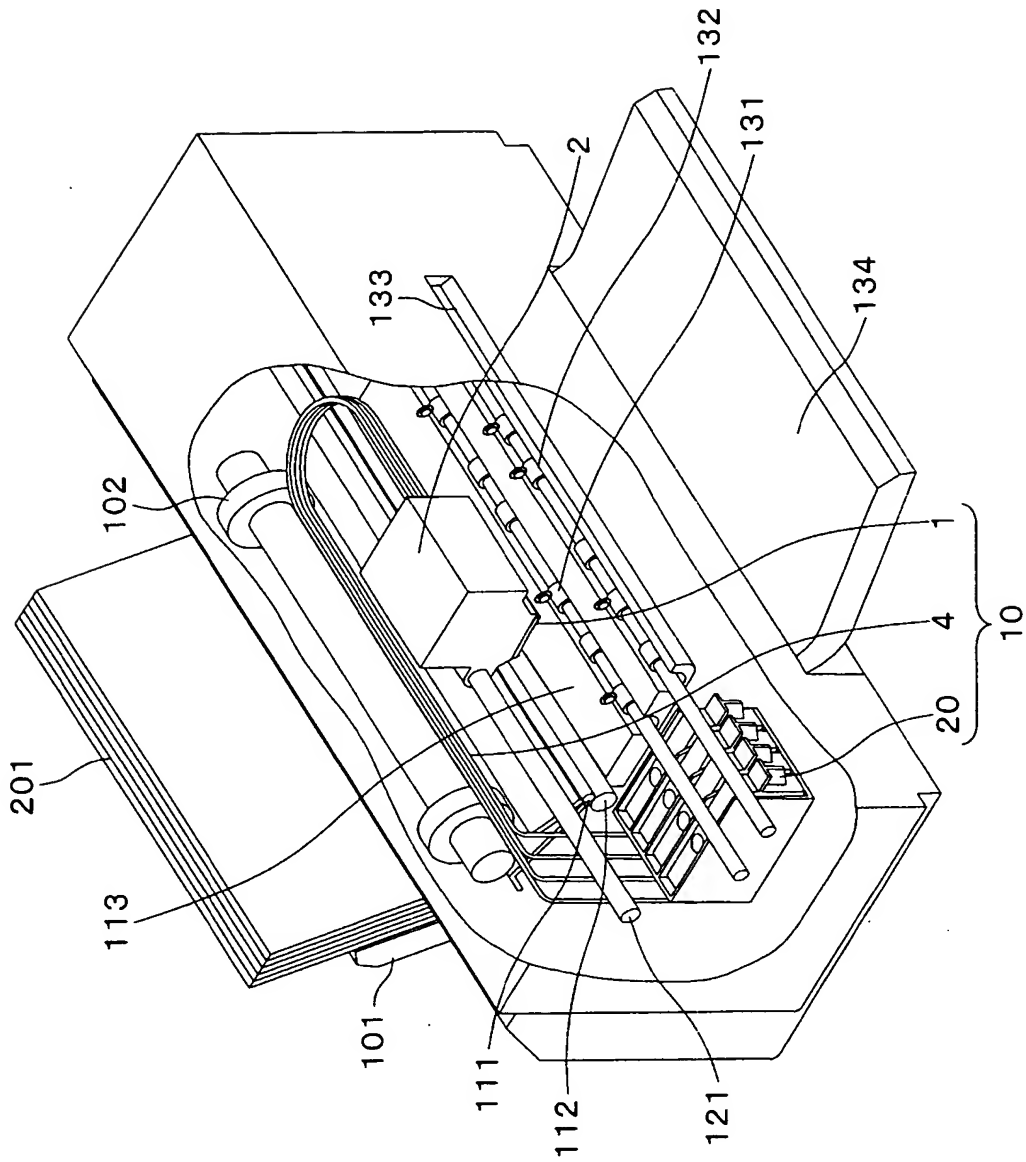
- 1 印字ヘッド
- 3 インク供給経路
- 3 a インク供給経路
- 4 インク供給チューブ
- 1 0 インク供給装置
- 2 0 インクカートリッジ
- 2 1 インクタンク (インク収納部)
- 2 2 インク吸収体
- 2 3 フィルタ
- 2 4 インク供給口
- 2 5 検出電極
- 3 1 フィルタ
- 4 1 フィルタ
- 4 2 フィルタ

【書類名】 図面

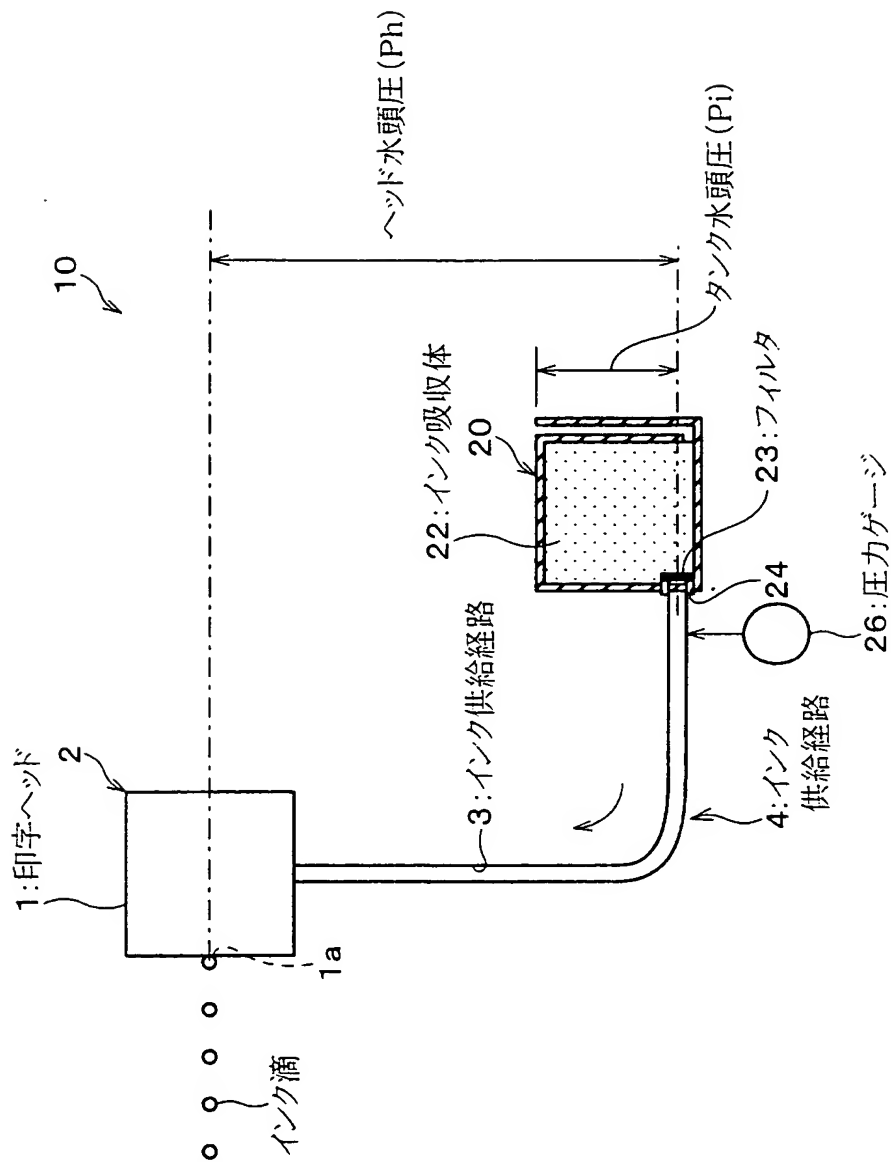
【図 1】



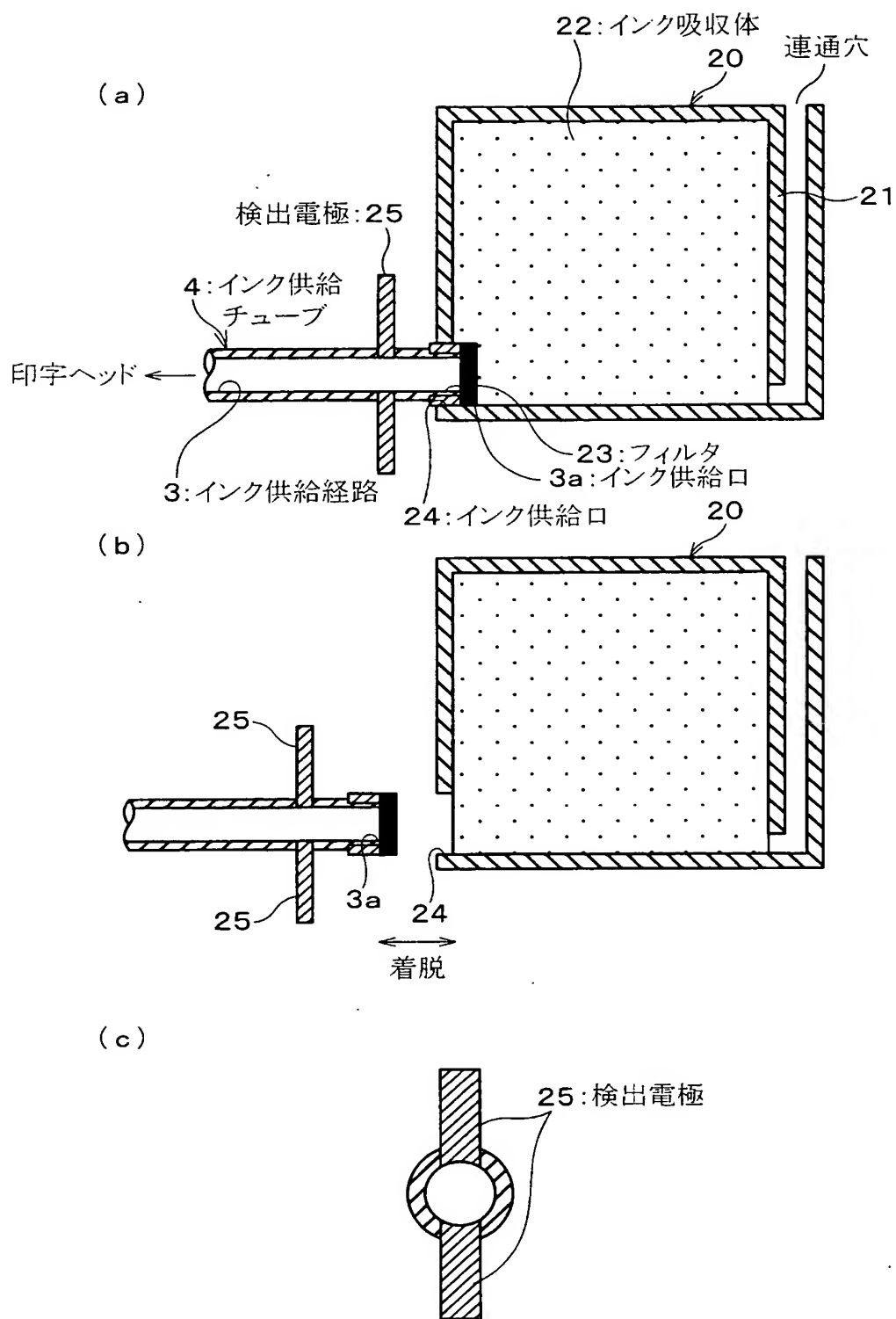
【図 2】



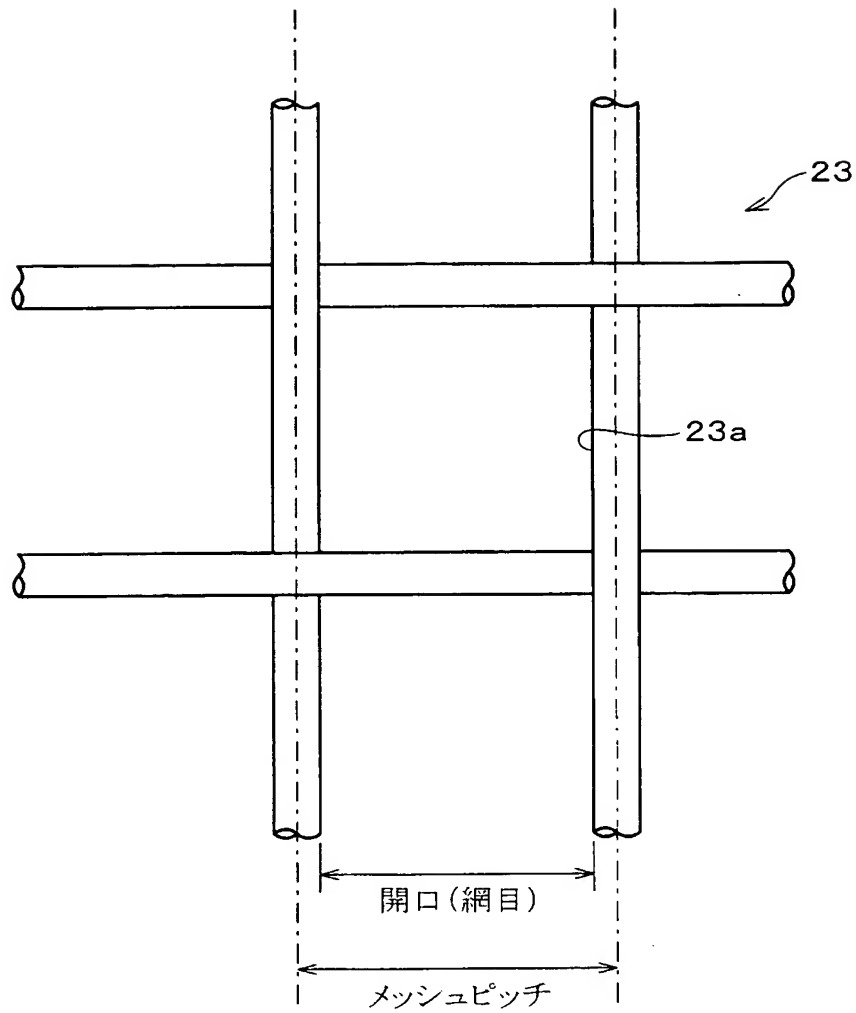
【図 3】



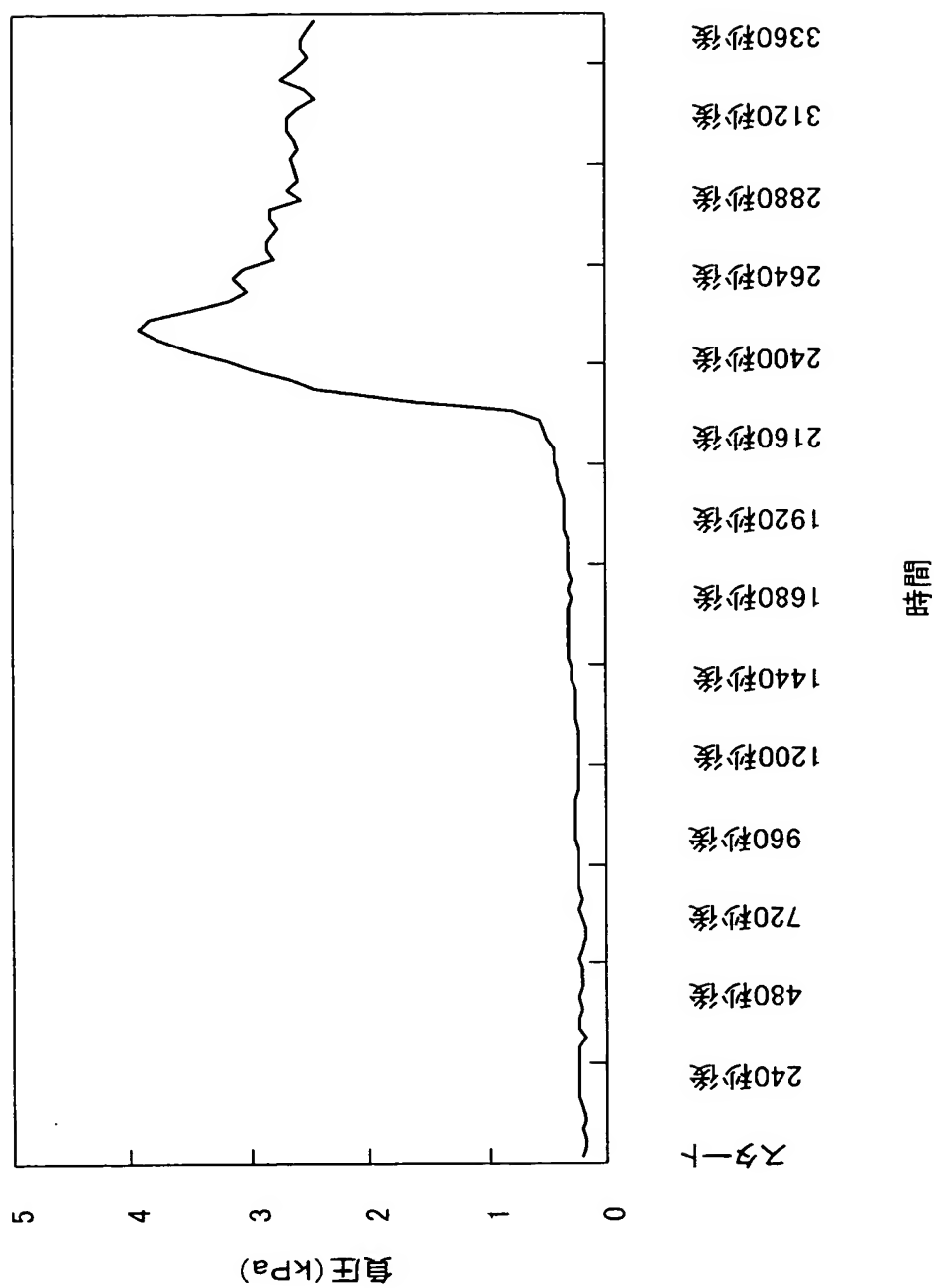
【図 4】



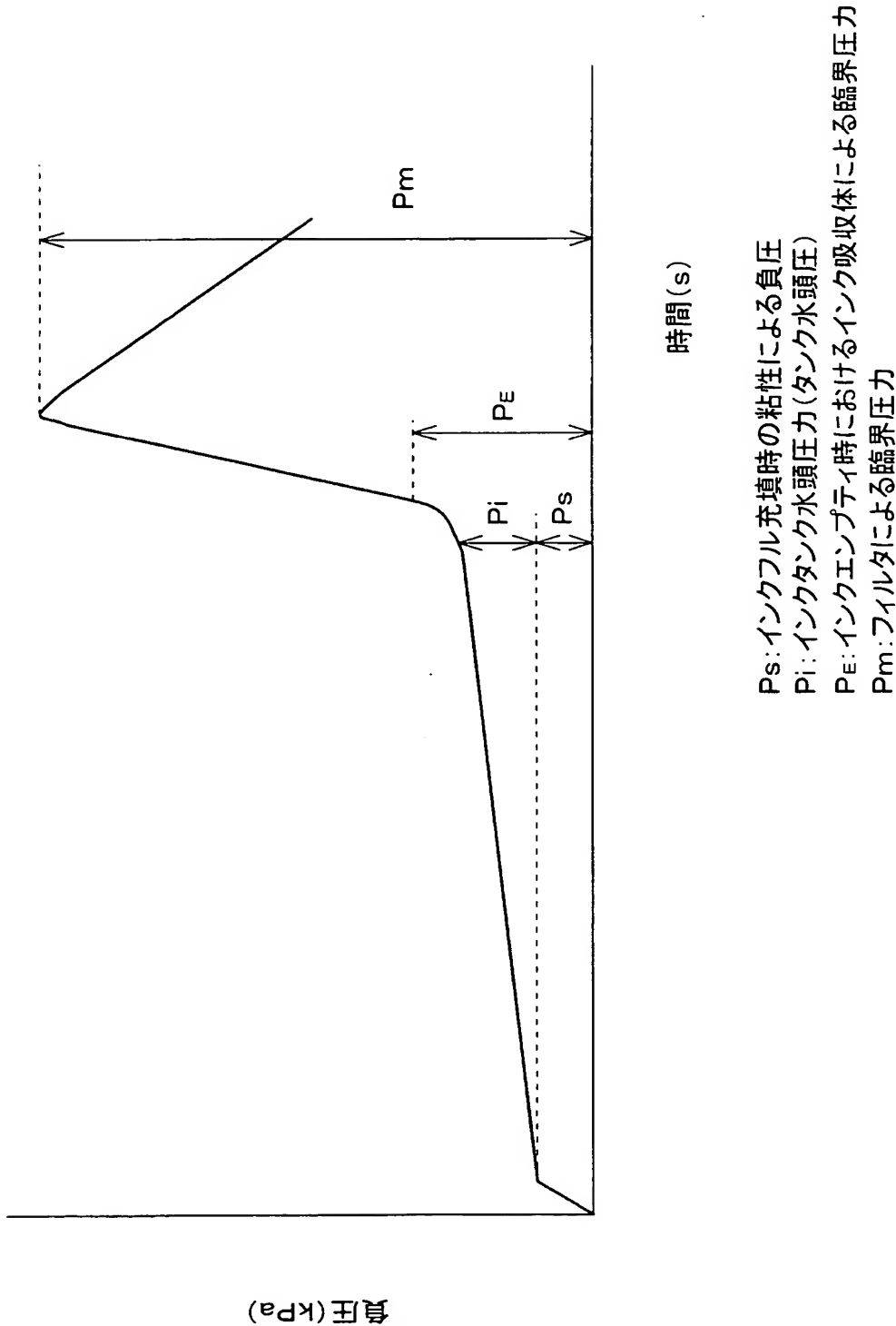
【図 5】



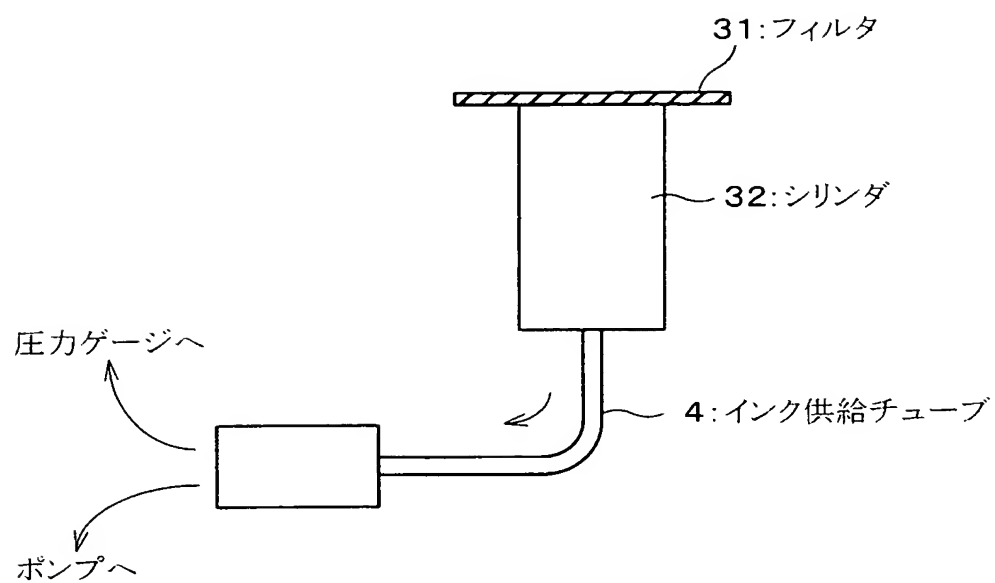
【図9】



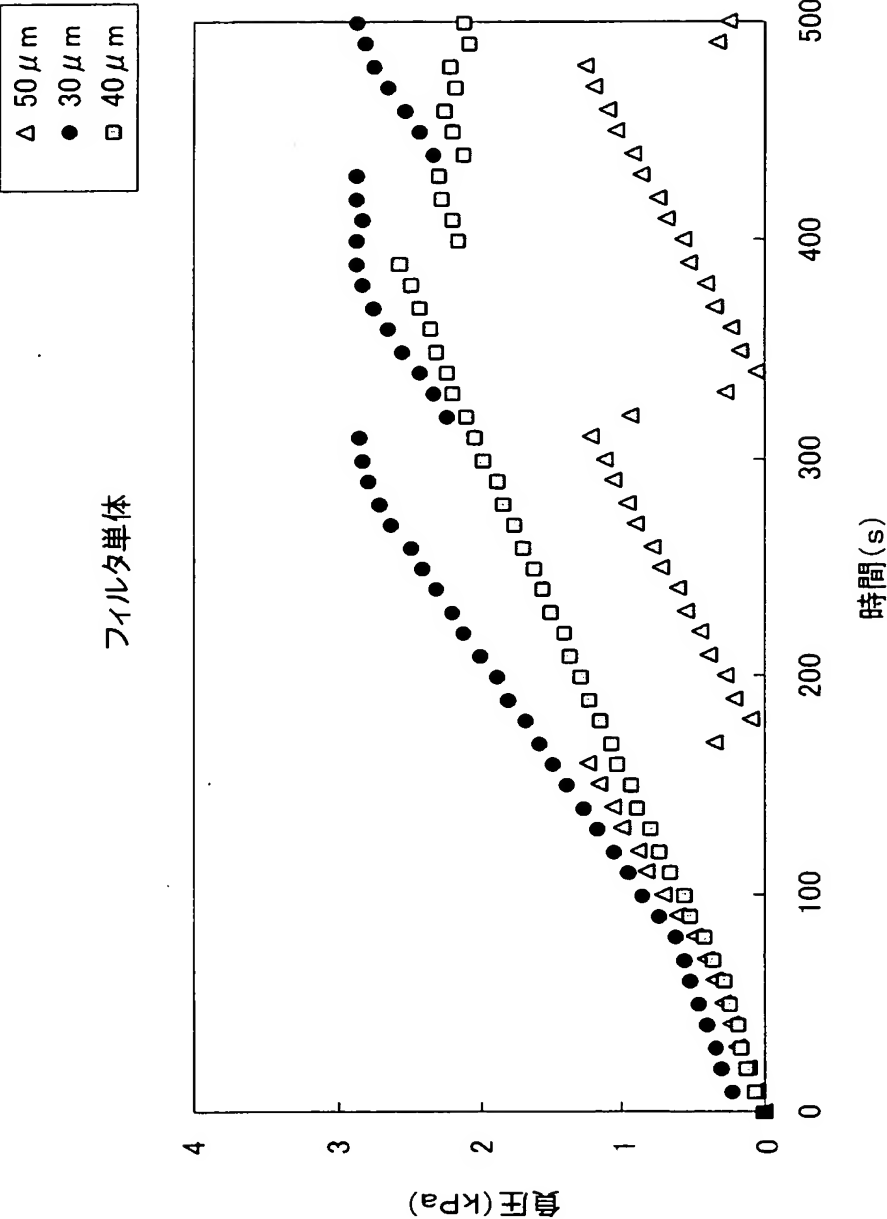
【図 7】



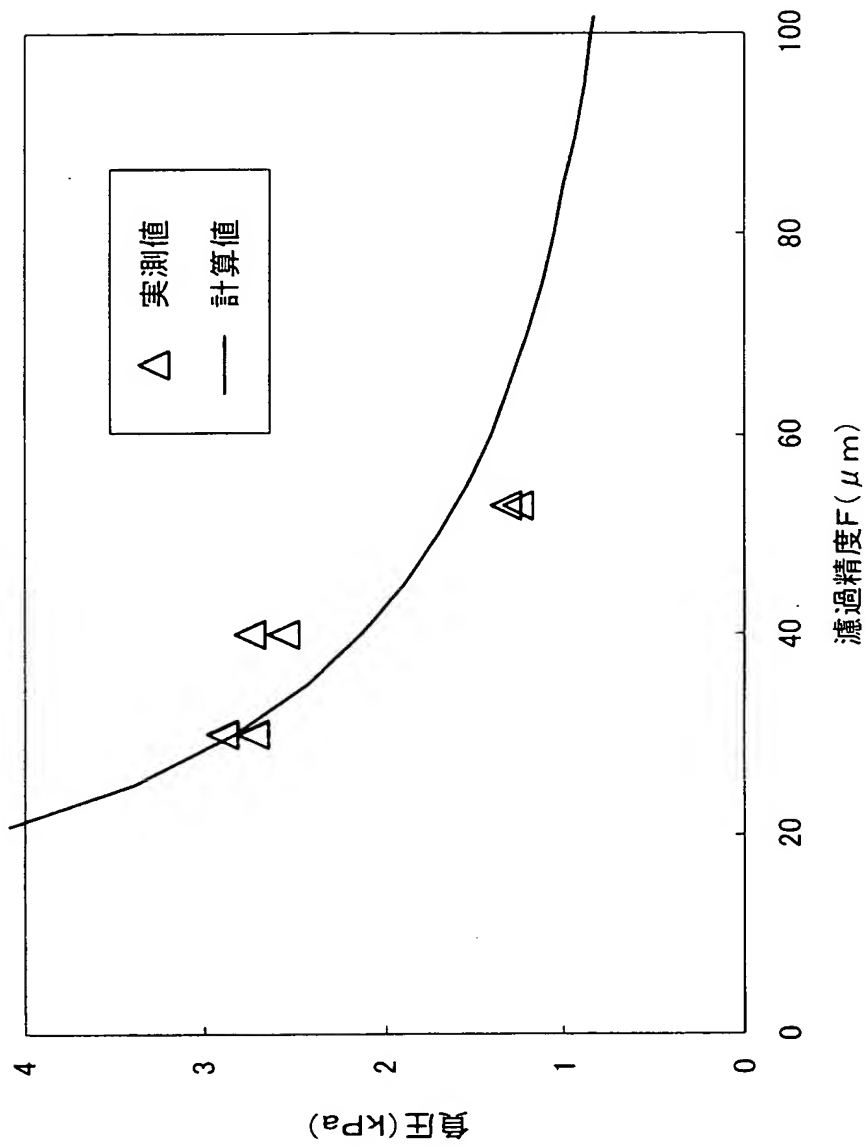
【図 8】



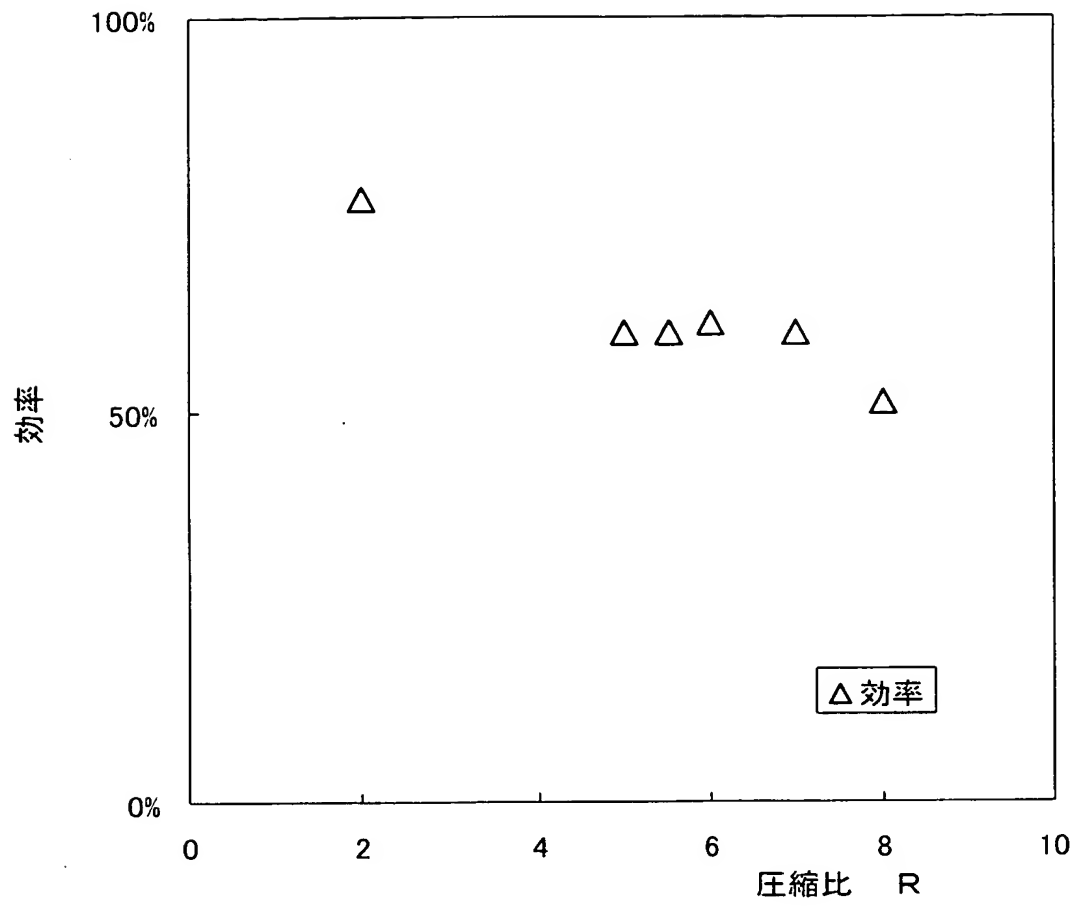
【図 9】



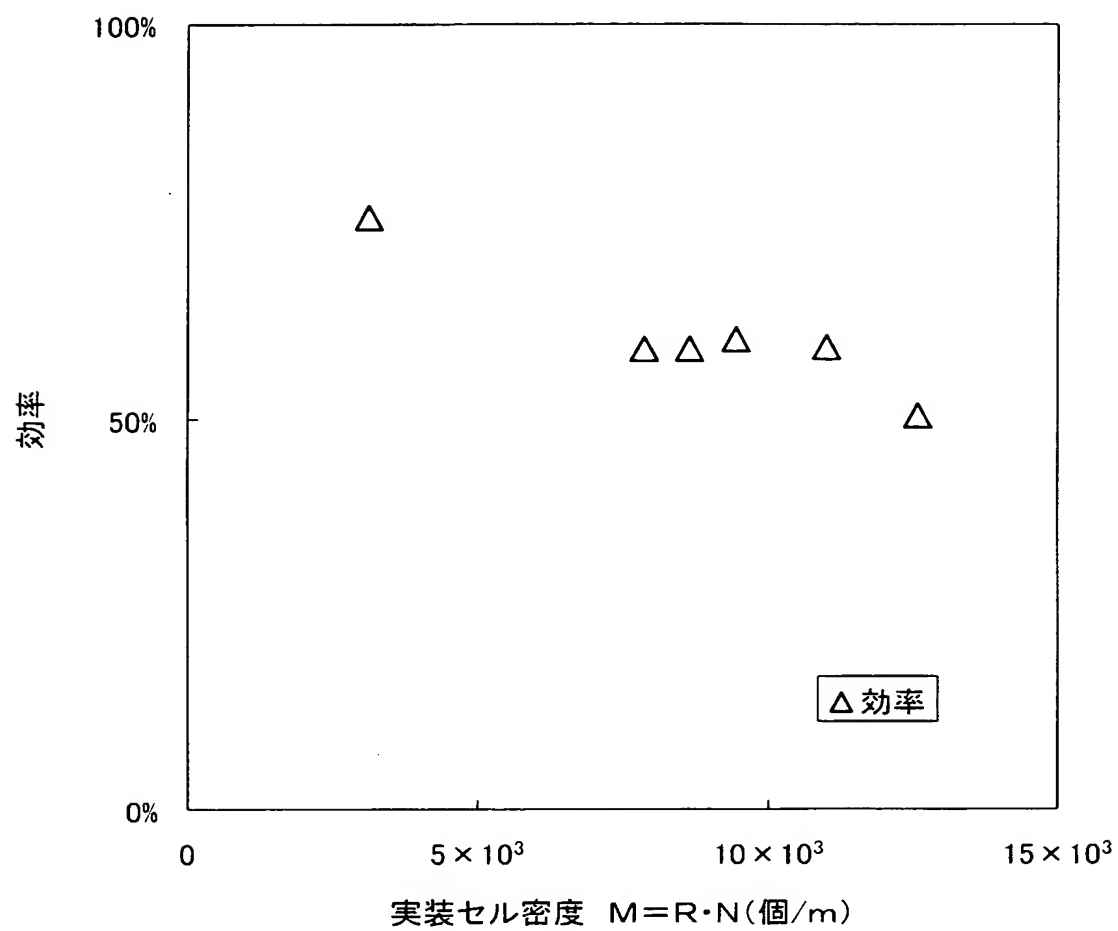
【図 10】



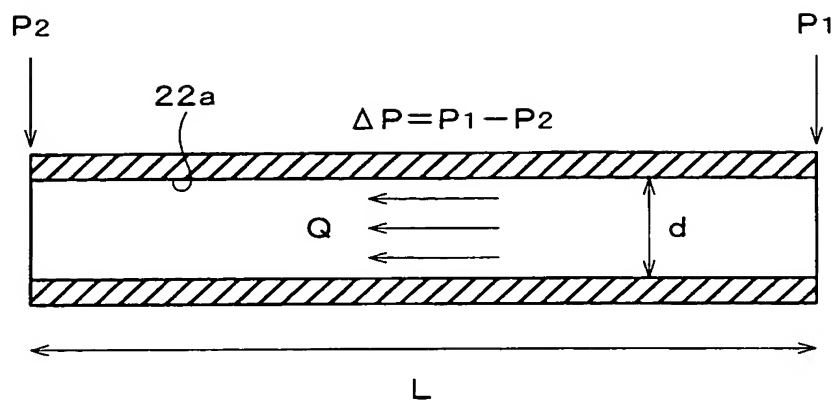
【図 11】



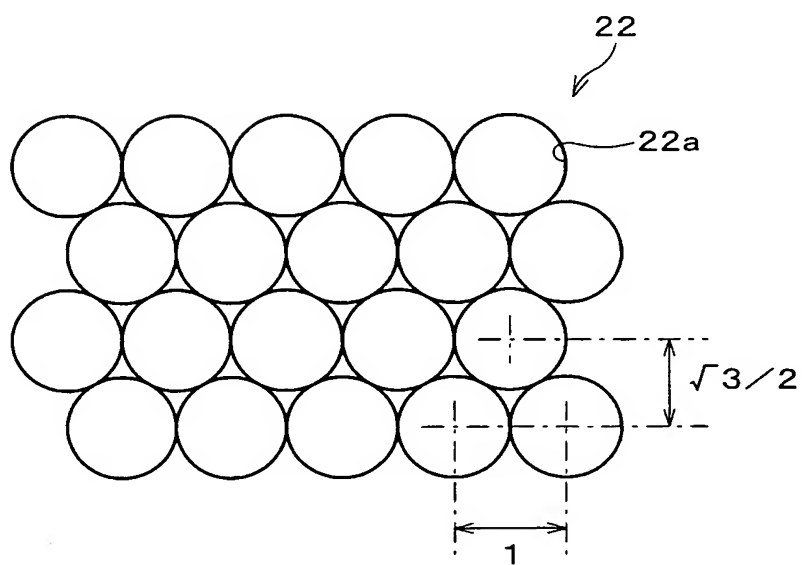
【図 12】



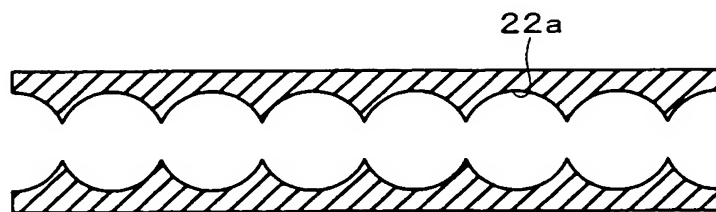
【図 13】



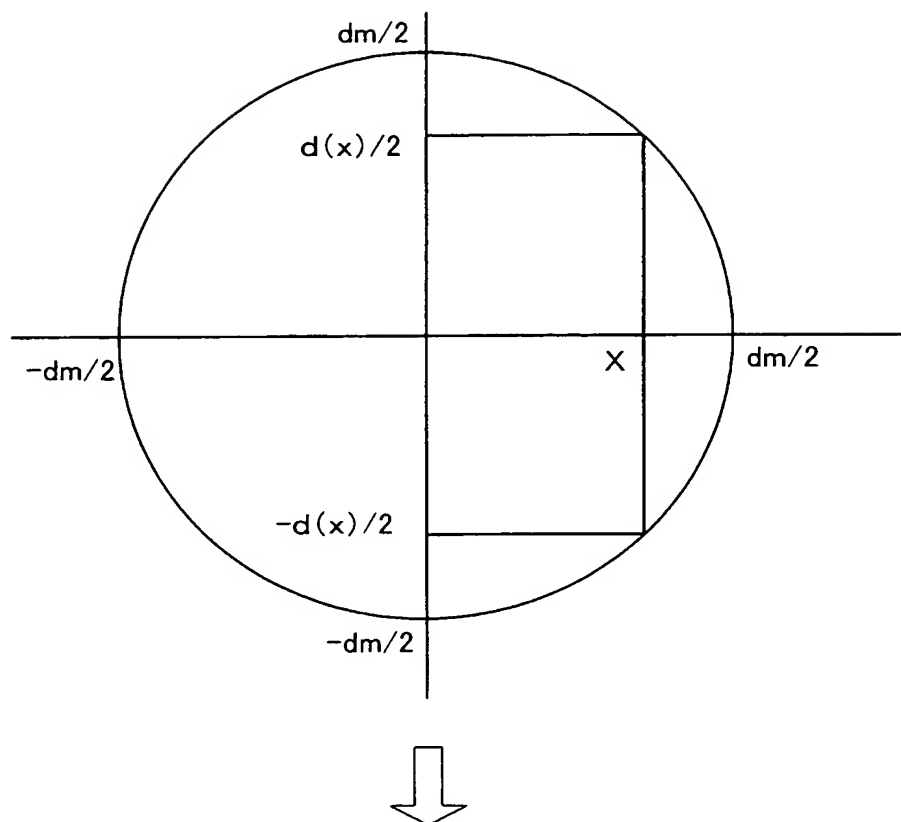
【図 14】



【図 15】



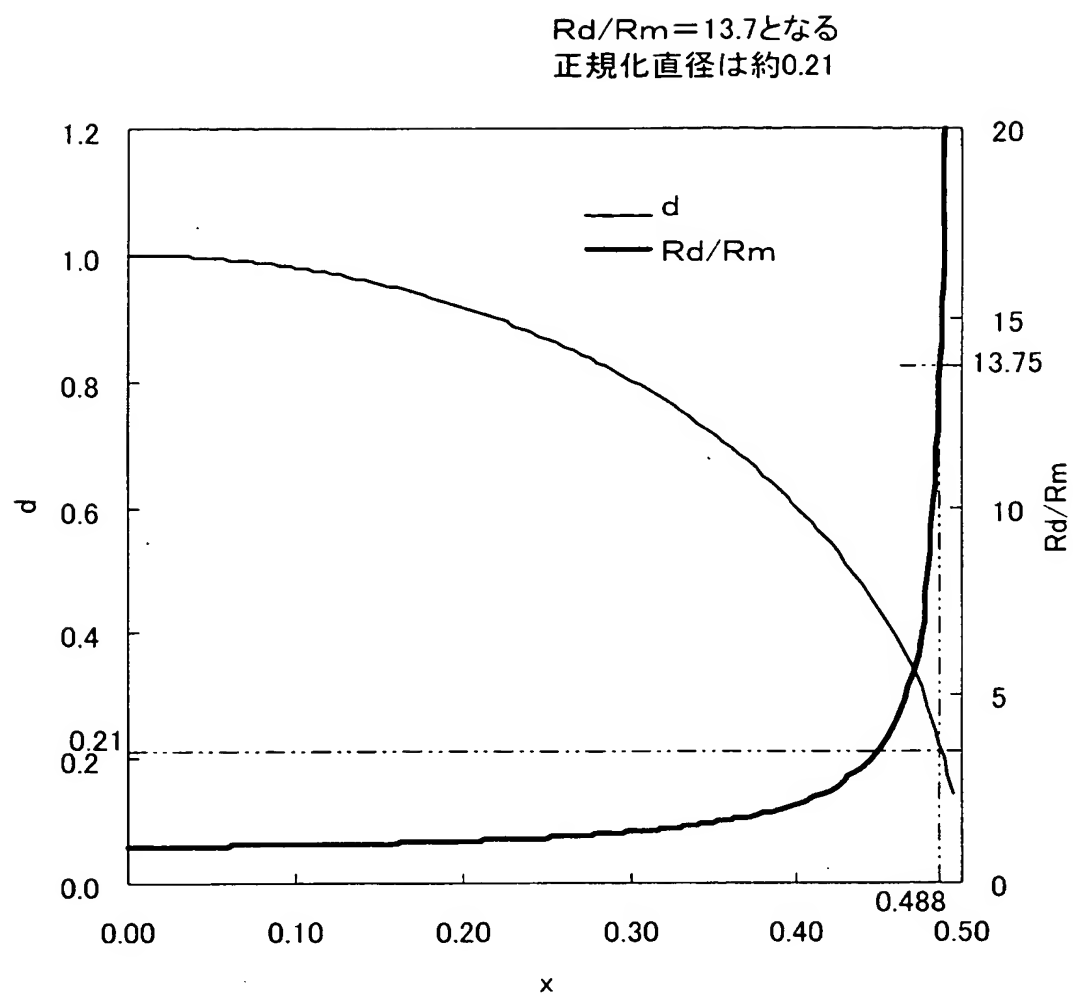
【図 16】



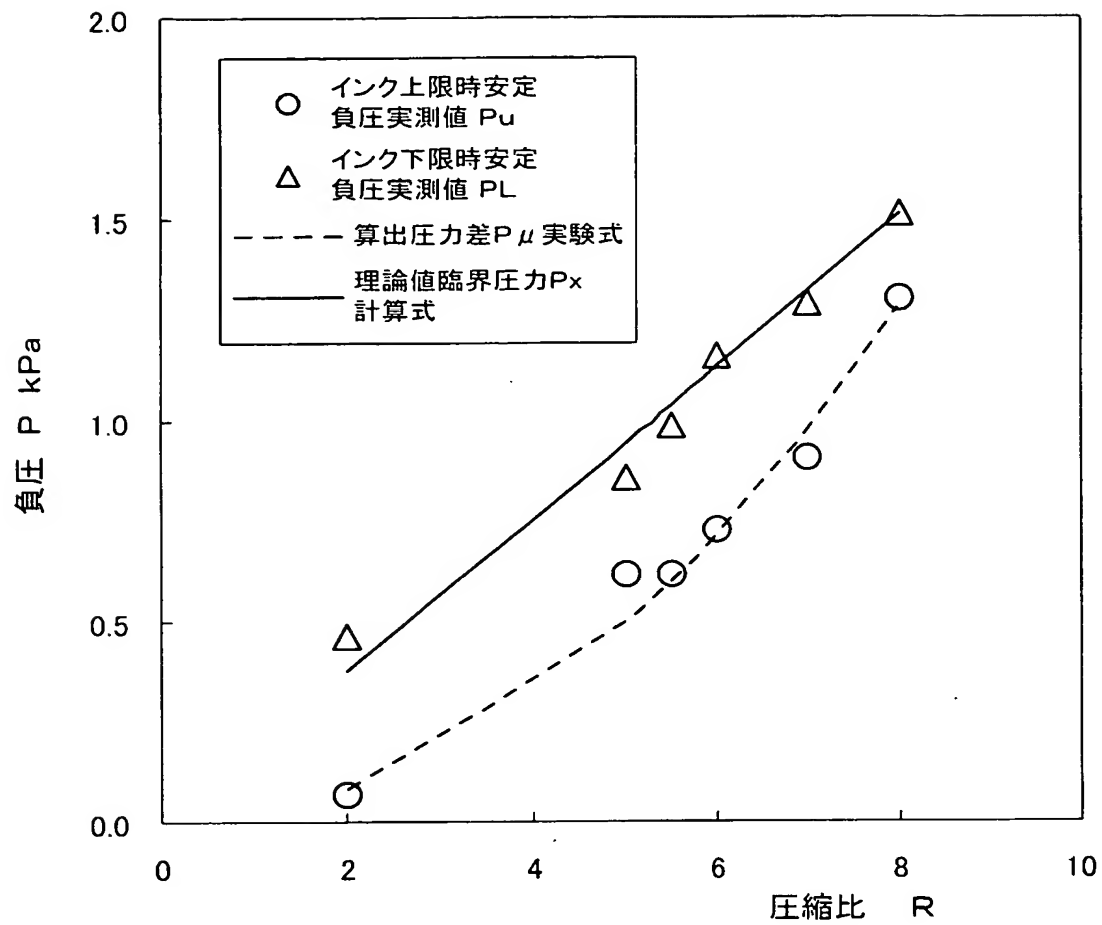
$$Rd = \int_0^X \frac{1}{\{ 2\sqrt{(dm/2)^2 - X^2} \}^4} dX$$

$$Rm = \int_0^X \frac{1}{dm^4} dX$$

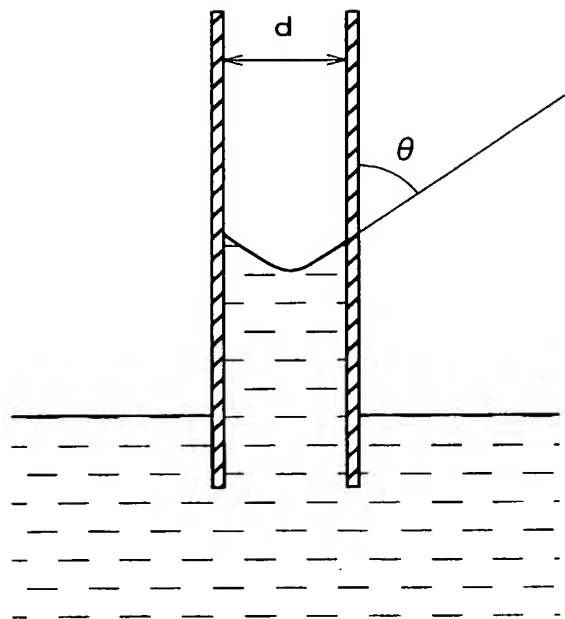
【図 17】



【図 18】

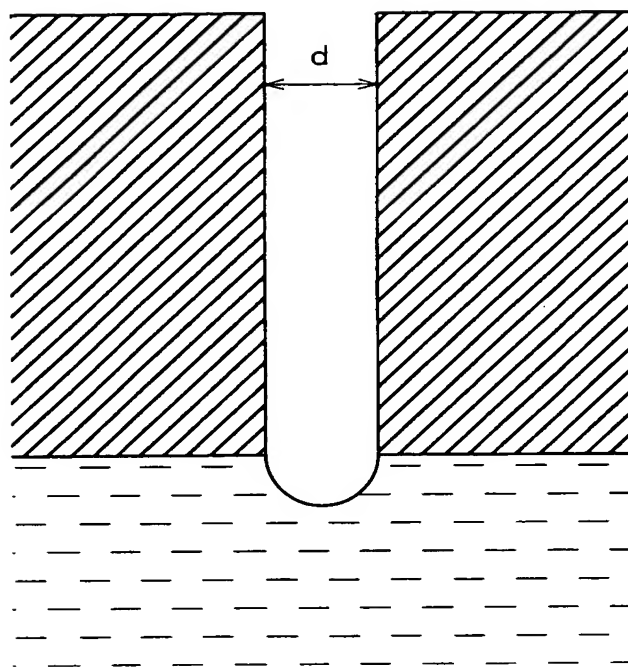


【図 19】



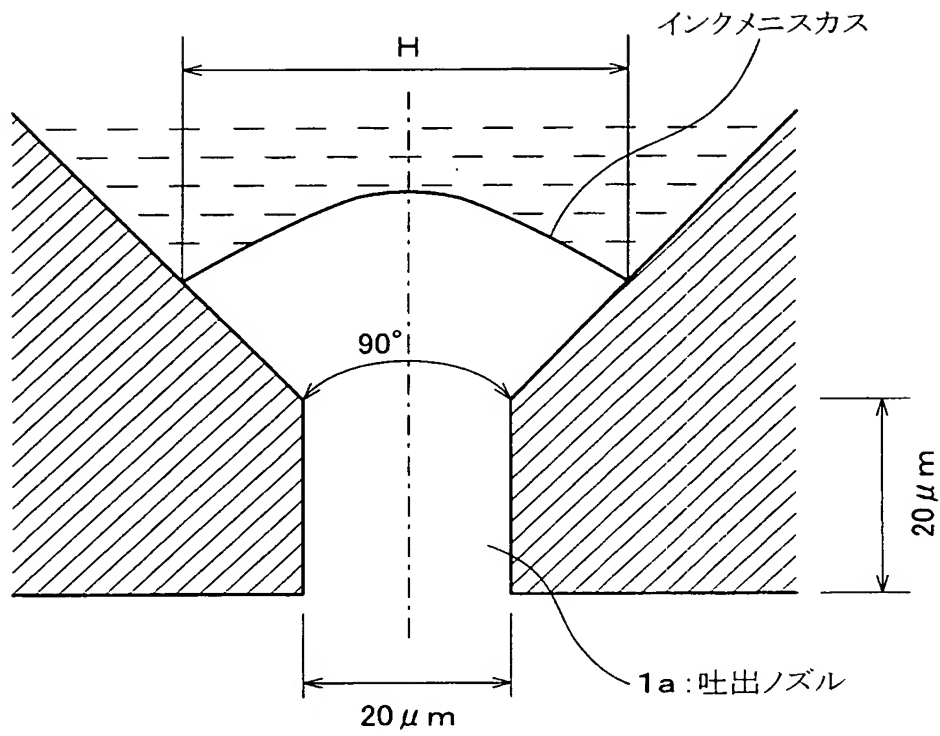
$$P_t = 4 \eta \cos \theta / d$$

【図 20】

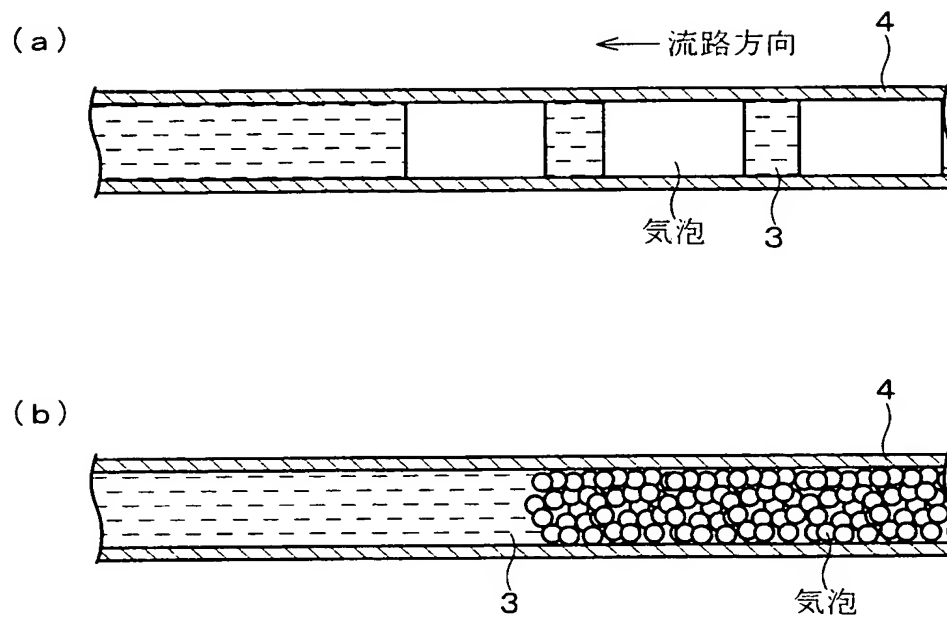


$$P_t = 4 \eta / d$$

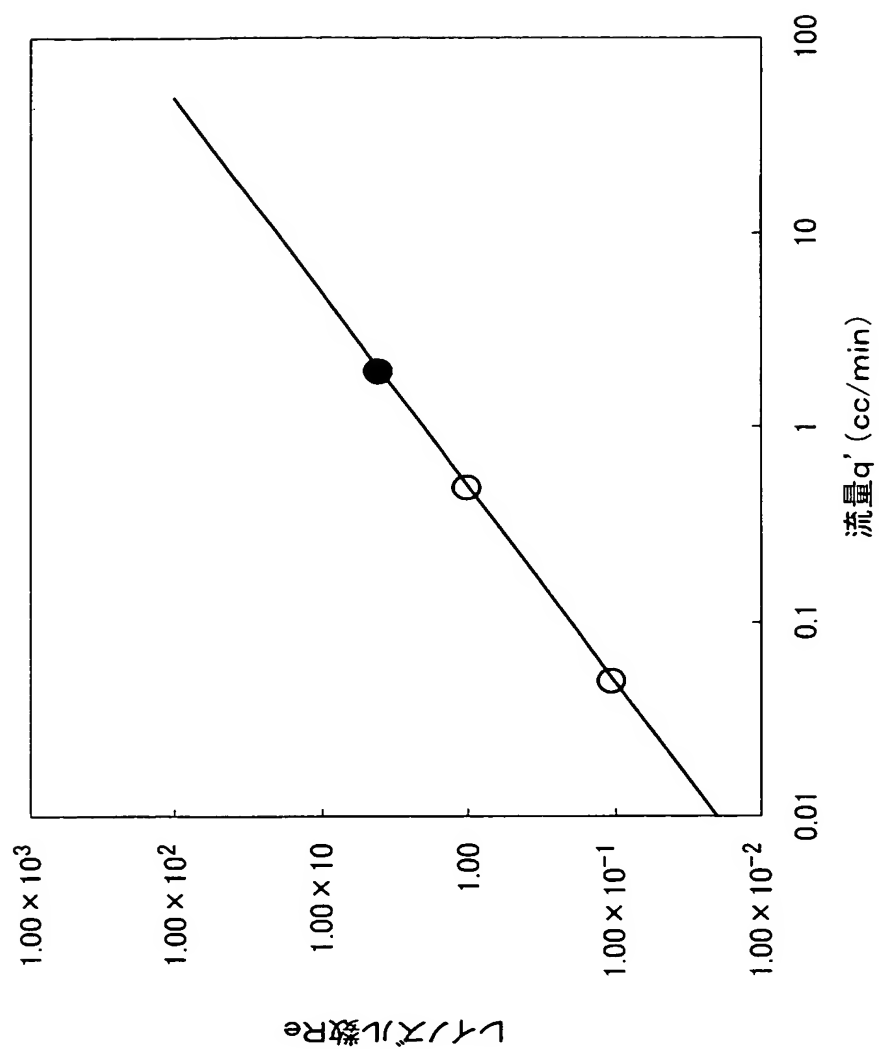
【図 21】



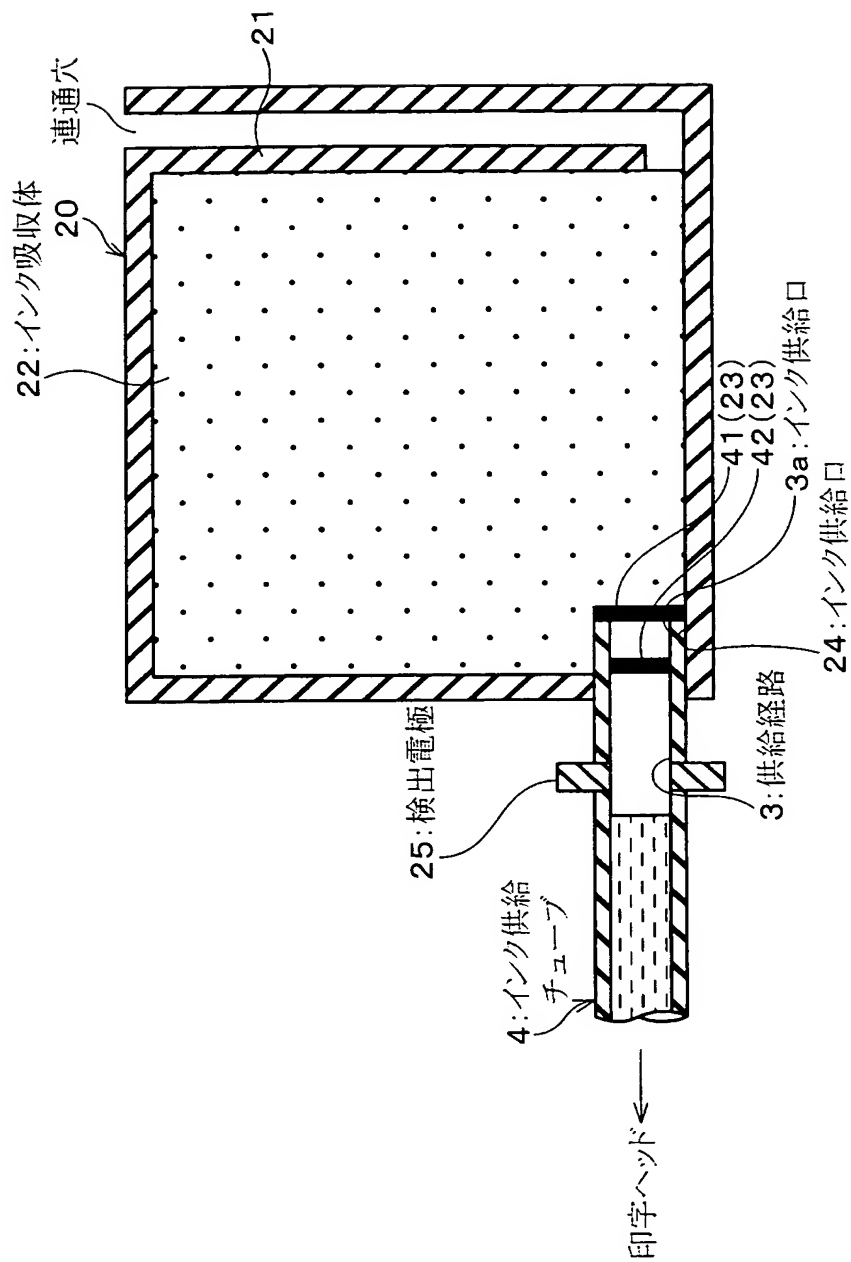
【図 23】



【図 24】



【図 25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 インク供給経路内に気泡が発生してもインクエンプティ検出精度が劣化しない画像形成装置を提供する。

【解決手段】 インクを貯留するインクタンクと、該インクタンクに貯留しているインクを印字ヘッドに供給するインク供給経路と、該インク供給経路内のインクの有無を検出する検出電極とを備えた画像形成装置であり、該画像形成装置は、上記インク供給経路に供給されるインク供給量が、1分間当たり1cc以下となるように設定されている。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 2 0 8 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社